

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2002 年 6 月 20 日 (20.06.2002)

PCT

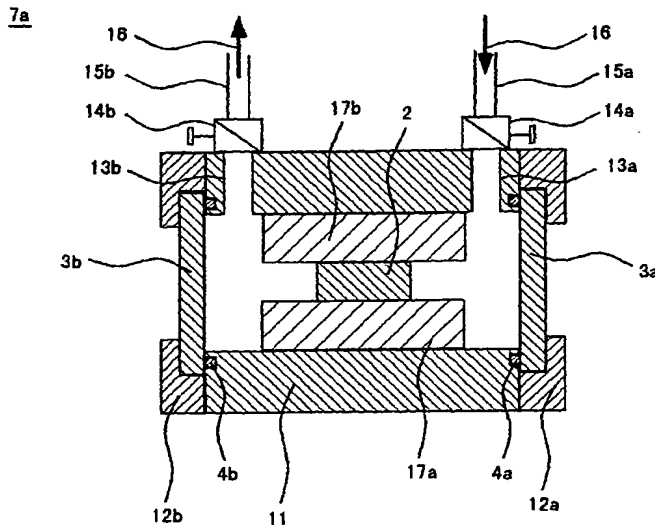
(10) 国際公開番号  
WO 02/48786 A1

- (51) 国際特許分類<sup>7</sup>: G02F 1/37 (72) 発明者; および  
(21) 国際出願番号: PCT/JP01/10905 (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 小島哲夫 (KOJIMA, Tetsuo) [JP/JP]. 今野 進 (KONNO, Susumu) [JP/JP]. 藤川周一 (FUJIKAWA, Shuichi) [JP/JP]. 安井公治 (YASUI, Koji) [JP/JP]; 〒100-8310 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 佐々木孝友 (SASAKI, Takatomo) [JP/JP]; 〒565-0824 大阪府吹田市山田西2-8 A9-310 Osaka (JP). 森 勇介 (MORI, Yusuke) [JP/JP]; 〒576-0033 大阪府交野市私市8-16-9 Osaka (JP). 吉村政志 (YOSHIMURA, Masashi) [JP/JP]; 〒563-0032 大阪府池田市石橋1-21-18 シャーツ石橋232 Osaka (JP).  
(22) 国際出願日: 2001 年 12 月 12 日 (12.12.2001)  
(25) 国際出願の言語: 日本語  
(26) 国際公開の言語: 日本語  
(30) 優先権データ:  
特願 2000-379925 2000 年 12 月 14 日 (14.12.2000) JP  
PCT/JP01/07585 2001 年 9 月 3 日 (03.09.2001) JP  
(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 三菱電機株式会社 (MITSUBISHI DENKI KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒100-8310 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 Tokyo (JP).  
(74) 代理人: 宮田金雄, 外 (MIYATA, Kaneo et al.); 〒100-8310 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).  
(81) 指定国 (国内): CN, DE, JP, KR, US.

[続葉有]

(54) Title: WAVELENGTH CONVERSION METHOD, WAVELENGTH CONVERSION DEVICE, AND LASER BEAM MACHINE

(54) 発明の名称: 波長変換方法、波長変換装置、およびレーザ加工機



(57) Abstract: A wavelength conversion method and a wavelength conversion device, capable of generating light, wavelength-converted by non-linear optical crystal, constantly for an extended period, and a laser beam machine using them. The wavelength conversion method performs a wavelength conversion, with an atmosphere in contact with the wave-length-converted light outgoing surface of the non-linear optical crystal turned into a gas smaller in nitrogen content than air. The wavelength conversion device has a means of turning an atmosphere in contact with the wave-length-converted light outgoing surface of the non-linear optical crystal into a gas smaller in nitrogen content than air. The laser beam machine has the above wavelength conversion device.

[続葉有]

WO 02/48786 A1



添付公開書類：  
— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

---

(57) 要約:

非線形光学結晶によって波長変換された光を長期間安定に発生することのできる波長変換方法および波長変換装置、およびそれを用いたレーザ加工機を提供する。

本発明の波長変換方法は、非線形光学結晶の波長変換された光が出射する面に接する雰囲気、窒素元素の含有率が空気よりも小さい気体にして波長変換するものである。また、本発明の波長変換装置は、非線形光学結晶の波長変換された光が出射する面に接する雰囲気を窒素元素の含有率が空気よりも小さい気体とする手段を備えたものである。また、本発明のレーザ加工機は、上記の波長変換装置を備えたものである。

## 明 細 書

波長変換方法、波長変換装置、およびレーザー加工機

## 5 技術分野

この発明は、非線形光学結晶による波長変換技術に関するものである。

## 背景技術

- 10 第12図は、例えば特開平11-271820号公報に示された従来の波長変換装置を示す断面図である。第12図において、1は真空容器、2は例えばセシウム・リチウム・ボレート(化学式： $\text{CsLiB}_6\text{O}_{10}$ 、略称：CLBO)結晶等の非線形光学結晶、3a、3bは光学窓、4a、4b、4cはOリング、5は真空封止弁、6は固定金具である。7
- 15 は波長変換装置全体を示す。

次に、動作について説明する。レーザービームは、入力側の光学窓3aから真空容器1内に入射し、非線形光学結晶2と相互作用して波長変換された後、出力側の光学窓3bから出射する。真空容器1の上部には、真空封止弁5が設けられており、真空容器1の本体と光学窓3a、3

20 bおよび真空封止弁5の間は、Oリング4a、4b、4cによって封止されており、真空容器1の内部は真空に維持されている。

真空容器1の内部において、非線形光学結晶2は固定金具6によって上部から押さえられ、真空容器1の底部に固定されている。

上記のように、従来の波長変換装置は、波長変換結晶周囲の雰囲気

25 真空に維持されているので、真空にさらされる真空容器、Oリング、固定金具などから不純物が発生し易く、不純物が非線形光学結晶2(波長

変換結晶)、光学窓に付着するため、波長変換レーザービーム(すなわち非線形光学結晶によって波長変換された光)を長期間安定に発生できない、また、容器を真空容器にすることが必要であり、装置が高価になるなどの問題点があった。

- 5      この発明は、上記のような問題点を解決するためになされたものであり、非線形光学結晶によって波長変換された光を長期間安定に発生することのできる波長変換方法および波長変換装置、並びにそれを用いた波長変換レーザー装置およびレーザー加工機を提供することを目的とするものである。

10

#### 発明の開示

- 本発明に係る波長変換方法は、光を非線形光学結晶に通して波長変換する波長変換方法において、前記非線形光学結晶の波長変換された光が出射する出射端面に接する雰囲気、窒素元素の含有率が空気よりも小さい気体にして波長変換するものである。

- 15      これによれば、非線形光学結晶によって波長変換された光を、長期間安定に発生することができるという効果が得られる。

- また、非線形光学結晶の波長変換される光が入射する入射端面および波長変換された光が出射する出射端面を窒素元素の含有率が空気よりも小さい気体で覆って波長変換するものである。

- 20      これによれば、非線形光学結晶によって波長変換された光を、より確実に長期間安定に発生することができるという効果が得られる。

- また、非線形光学結晶の波長変換される光が入射する入射端面に接する雰囲気と、波長変換された光が出射する出射端面に接する雰囲気とを、異なる成分の気体にして波長変換するものである。

- 25      これによれば、波長変換される光によって起こる非線形光学結晶と雰

囲気との相互作用、および波長変換された光によって起こる非線形光学結晶と雰囲気との相互作用を、それぞれ個別に効率良く防止することができるという効果が得られる。

また、窒素元素の含有率が空気よりも小さい気体を流通させるもので  
5 ある。

これによれば、仮に不純物が発生しても、流通する気体と共に排出されるので、不純物が非線形光学結晶や光学窓に付着するのを防ぐことができるという効果が得られる。

また、窒素元素の含有率が空気よりも小さい気体を、非線形光学結晶  
10 の少なくとも出射端面の近傍に供給した後、排出するものである。

これによれば、仮に不純物が発生しても、非線形光学結晶の近傍には新鮮な気体が供給されるので、不純物が非線形光学結晶に付着するのをより確実に防ぐことができるという効果が得られる。

また、窒素元素の含有率が空気よりも小さい気体は、窒素元素を含む  
15 ガスの体積含有率が10%以下の気体であるものである。

これによれば、非線形光学結晶によって波長変換された光を、簡単な構成で長期間安定に発生することができるという効果が得られる。

また、非線形光学結晶が、セシウムを含む結晶であるものである。

これによれば、非線形光学結晶によって波長変換された紫外領域の高  
20 出力な光を、長期間安定に発生することができるという効果が得られる。  
。

また、気体が、希ガス、酸素ガス、または炭酸ガスのいずれかを主体とする気体であるものである。

これによれば、非線形光学結晶によって波長変換された光を、より簡  
25 単な構成で長期間安定に発生することができるという効果が得られる。

また、非線形光学結晶の波長変換された光が出射する面に接する雰囲気

気となる、窒素元素の含有率が空気よりも小さい気体が、アルゴンガスを主体とする気体であるものである。

これによれば、非線形光学結晶によって波長変換された光を、より確実に長期間安定に発生することができるという効果が得られる。

- 5      本発明に係る波長変換装置は、光を非線形光学結晶に通して波長変換する波長変換装置において、前記非線形光学結晶の波長変換された光が出射する面に接する雰囲気を、窒素元素の含有率が空気よりも小さい気体とする手段を備えたものである。

- これによれば、非線形光学結晶によって波長変換された光を、長期間  
10   安定に発生することができるという効果が得られる。

また、平均パワー 5 W 以上の波長変換された光を出射するものである。

これによれば、非線形光学結晶によって波長変換された高出力の光を、長期間安定に発生することができるという効果が得られる。

- 15      また、非線形光学結晶を窒素元素の含有率が空気よりも小さい気体で覆う手段を備えたものである。

これによれば、非線形光学結晶によって波長変換された光を、より確実に長期間安定に発生することができるという効果が得られる。

- また、非線形光学結晶の波長変換される光が入射する面に接する雰囲気  
20   気と、波長変換された光が出射する面に接する雰囲気とを、異なる成分の気体とする手段を備えたものである。

- これによれば、波長変換される光によって起こる非線形光学結晶と雰囲気との相互作用、および波長変換された光によって起こる非線形光学結晶と雰囲気との相互作用を、それぞれ個別に効率良く防止することが  
25   できるという効果が得られる。

また、窒素元素の含有率が空気よりも小さい気体を流通させる手段を

備えたものである。

これによれば、仮に不純物が発生しても、流通する気体と共に排出されるので、不純物が非線形光学結晶や光学窓に付着するのを防ぐことができるという効果が得られる。

- 5      また、一部に入射光および出射光を通過させる窓または開口を設けた容器内に非線形光学結晶を配置し、窒素元素の含有率が空気よりも小さい気体を前記容器内で非線形光学結晶の少なくとも出射端面の近傍に供給する手段と、前記供給された気体を前記容器から排出する手段とを備えたものである。

- 10      これによれば、仮に不純物が発生しても、非線形光学結晶の近傍には新鮮な気体が供給されるので、不純物が非線形光学結晶に付着するのをより確実に防ぐことができるという効果が得られる。

また、窒素元素の含有率が空気よりも小さい気体は、窒素元素を含むガスの体積含有率が10%以下の気体であるものである。

- 15      これによれば、非線形光学結晶によって波長変換された光を、簡単な構成で長期間安定に発生することができるという効果が得られる。

また、非線形光学結晶が、セシウムを含む結晶であるものである。

これによれば、非線形光学結晶によって波長変換された紫外領域の高出力な光を、長期間安定に発生することができるという効果が得られる

- 20      。

また、窒素元素の含有率が空気よりも小さい気体が、希ガス、酸素ガス、または炭酸ガスのいずれかを主体とする気体であるものである。

これによれば、非線形光学結晶によって波長変換された光を、より簡単な構成で長期間安定に発生することができるという効果が得られる。

- 25      また、非線形光学結晶の光が出射する面に接する雰囲気となる、窒素元素の含有率が空気よりも小さい気体が、アルゴンガスを主体とする気

体であるものである。

これによれば、非線形光学結晶によって波長変換された光を、より確実に長期間安定に発生することができるという効果が得られる。

本発明に係るレーザ加工機は、加工機を備え、加工光源として、波長  
5 変換の光源となるレーザ装置と、非線形光学結晶の波長変換された光が出射する面に接する雰囲気、窒素元素の含有率が空気よりも小さい気体とする手段を備え、前記レーザ装置からのレーザ光を前記非線形光学結晶に通して波長変換する波長変換装置とを有する波長変換レーザ装置を備えたものである。

10 これによれば、長期間安定に精度良く均一な加工ができるという効果が得られる。

#### 図面の簡単な説明

第 1 図は本発明の実施例 1 による波長変換装置の縦断面図、第 2 図は  
15 本発明の実施例 1 による波長変換装置の縦断面図、第 3 図は本発明の実施例 2 による波長変換装置の縦断面図、第 4 図は本発明の実施例 2 による波長変換装置の縦断面図、第 5 図は本発明の実施例 3 による波長変換装置の縦断面図、第 6 図は本発明の実施例 4 による波長変換装置の縦断面図、第 7 図は本発明の実施例 5 による波長変換装置の縦断面図、第 8  
20 図は本発明の実施例 6 による波長変換装置の縦断面図、第 9 図は本発明の実施例 7 による波長変換装置の縦断面図、第 10 図は本発明の実施例 8 による波長変換レーザ装置の縦断面図、第 11 図は本発明の実施例 9 によるレーザ加工機の縦断面図、第 12 図は従来の波長変換装置の縦断面図である。

25

発明を実施するための最良の形態



本発明者らは、CLBO結晶を用いた波長変換特性の劣化原因を調べるため、波長1064nmのネオジム・ヤグ(Nd:YAG)レーザの第2高調波、すなわち波長532nmのレーザ光を発生するレーザ装置を光源とし、CLBO結晶を用いてNd:YAGレーザの第4高調波である波長266nmの紫外レーザビームの発生を100時間連続して行った。この連続紫外レーザビーム発生時には、CLBO結晶は、空气中でヒーター上に配置し、140℃の一定温度で用いた。また、発生した波長266nmの紫外レーザビームの平均パワーは20Wであった。

この100時間連続紫外レーザビーム発生試験後のCLBO結晶の紫外レーザビーム出射端面すなわち波長変換された光が出射する面には、新たに付着した物質が観測された。この物質の元素分析および構造分析を行った結果、付着物質は硝酸セシウム( $\text{CsNO}_3$ )を含む硝酸化合物であることが判明した。この硝酸セシウムはCLBO結晶の紫外レーザビーム出射端面のみに観測され、また、セシウムは波長変換に用いたCLBO結晶以外の部品には含まれない元素であることから、波長変換により発生した波長266nmの紫外レーザビームの作用により、CLBO結晶の成分であるセシウムと大気中の窒素が反応を起こして硝酸セシウムが生成したことが明らかである。また、CLBO結晶を用いた波長変換により硝酸セシウムが生成することは、本発明者らの行った平均パワー5W以上での長期連続紫外レーザビーム発生試験により、初めて明らかになった現象である。従来は、例えば文献(出来恭一 他、電気学会光・量子デバイス研究会資料、OQD-97巻、53-69号、41-46頁、1997年)に示されているように、出力4W以下での長期動作試験しか行われていなかったため、この現象は明らかになっていなかった。

以上の結果より、CLBO結晶を用いて波長変換を行う際には、非線

形光学結晶の少なくとも波長変換された光が出射する出射端面に接する  
雰囲気は空気よりも窒素元素の含有率が小さい気体となるようにして行  
い、望ましくは窒素元素(N)がほとんど含まれない気体となるようにし  
て行えば、雰囲気が空気であるものに比較して長期間安定に高出力な波  
5 長変換をすることができることが明らかとなった。

#### 実施例 1.

第 1 図および第 2 図は、この発明を実施するための実施例 1 による波  
長変換方法および波長変換装置を説明するための図であり、より具体的  
には、第 1 図は波長変換装置の縦断面図であり、第 2 図は波長変換装置  
10 の横断面図である。

第 1 図および第 2 図において、2 は非線形光学結晶である。3 a、3  
b はレーザービームを透過する光学窓である。4 a、4 b は O リングであ  
る。1 1 は非線形光学結晶 2 を収納するための容器である。1 2 a、1  
2 b は光学窓押さえである。1 3 a、1 3 b は容器 1 1 にあけられた穴  
15 である。1 4 a、1 4 b は栓である。1 5 a、1 5 b は配管である。1  
6 は成分に窒素元素 (N) を含まない、あるいは窒素元素が少ない気体  
である。1 7 a、1 7 b は非線形光学結晶 2 を容器 1 1 に固定するため  
の固定治具である。7 a は波長変換装置全体を示す。

非線形光学結晶 2 は、波長変換により波長 4 0 0 n m 以下の紫外レー  
20 ザビームを発生するための位相整合角度に両端面を切断、研磨され、固  
定治具 1 7 a、1 7 b により容器 1 1 上に固定される。ここでは、非線  
形光学結晶 2 は C L B O 結晶からなり、波長 5 3 2 n m のレーザービーム  
を波長 2 6 6 n m の紫外レーザービームに変換するための位相整合角度に  
両端面が切断、研磨されている。

25 光学窓 3 a、3 b は少なくとも波長 2 0 0 n m ~ 1 5 0 0 n m のレー  
ザビームに対して透明な例えば石英(化学式:  $\text{SiO}_2$ )、沸化カルシウ

ム(化学式： $\text{CaF}_2$ )などからなり、両端面研磨されており、Oリング4 a、4 bを介して光学窓押さえ1 2 a、1 2 bにより容器1 1に密着されている。栓1 4 a、1 4 bは、ここではPTネジ(管用テーパネジ)により容器1 1に直接接合するものを用いている。容器1 1は、光学窓3 a、3 bとOリング4 a、4 bおよび栓1 4 a、1 4 bにより気密に保たれている。

レーザービームは入力側の光学窓3 aから容器1 1内に入射し、非線形光学結晶2によって波長変換された後、出力側の光学窓3 bから出射する。

- 10 気体1 6は成分に窒素元素(N)を含まない、あるいは窒素元素が少ない気体であり、例えば希ガス、酸素ガス( $\text{O}_2$ )、炭酸ガス( $\text{CO}_2$ )などを主体とした気体を用いることができ、配管1 5 a、穴のあけられた栓1 4 aを通して容器1 1内に流入され、穴の開けられた栓1 4 b、配管1 5 bを通して容器1 1から常時流出するように流されている。このため、容器内1 1は成分に窒素元素を含まない、あるいは窒素元素が少ない気体1 6によって満たされる。

- 本実施例1においては、波長変換装置7 aは上記のように構成されており、非線形光学結晶2の波長変換される光が入射する入射端面および波長変換された光が出射する出射端面は、成分に窒素元素を含まない、あるいは窒素元素が少ない気体1 6にさらされているため、レーザービームの波長変換を行って、波長4 0 0 nm以下の紫外レーザービームの照射を受けても硝酸セシウムなどの硝酸化合物は生成することがなく、硝酸化合物により波長変換レーザービームに歪みが生じたり、さらに出力が低下したりすることはないため、また、波長変換装置7 a内は真空にされていないので、容器から不純物が発生することがなく、不純物が非線形光学結晶2や光学窓に付着することがないため、長期間安定に高品質か

つ高出力な波長変換レーザビームを発生することができるという効果を奏する。

また、気体 16 は容器 11 内に流入され、容器 11 から常時流出するように流されており、流通しているので、仮に不純物が発生しても、流通する気体 16 と共に排出される。したがって、不純物が非線形光学結晶 2 や光学窓 3 a、3 b に付着するのを防ぐことができるという効果を奏する。

また、波長変換装置 7 a は厳密な気密容器にする必要がなく、また、希ガス、酸素、炭酸ガスなどを少量流すだけで、長期間安定に高出力な波長変換レーザビームを発生することができるので、波長変換装置を安価に提供することができるという効果も奏する。

なお、非線形光学結晶 2 としては、セシウム・リチウム・ボレート(化学式： $\text{CsLiB}_6\text{O}_{10}$ 、略称：CLBO)結晶、セシウム・ボレート(化学式： $\text{CsB}_3\text{O}_5$ 、略称：CBO)結晶などのセシウムを含む結晶が適しているが、リチウム・ボレート(化学式： $\text{LiB}_3\text{O}_5$ 、略称：LBO)結晶、ベータ・バリウム・ボレート(化学式： $\beta\text{-BaB}_2\text{O}_4$ 、略称：BBO)、ガドリニウム・イットリウム・カルシウム・オキシボレート(化学式： $\text{Gd}_x\text{Y}_{1-x}\text{Ca}_4(\text{BO}_3)_3$ 、略称：GdYCOB)結晶などのセシウムを含まない結晶であってもセシウム以外の元素が窒素と反応して窒素化合物を形成する可能性があるので、使用可能である。

また、容器 11 として円柱形のものを例として示したが、どのような形でもよく、例えば立方体あるいは直方体などでもよい。

また、栓 14 a、14 b として例えば PT ネジ、O リングなどにより容器 11 に直接接合されるものを示したが、この他配管の途中に設けるものなどを用いることができる。

また、上記実施例 1 では、栓 14 a、14 b を開けて窒素元素を含ま

ない、あるいは窒素元素が少ない気体 16 を常時流す例について説明したが、容器 11 内を窒素元素を含まない、あるいは窒素元素が少ない気体 16 で満たした後、栓 14 a、14 b を閉めて気体 16 を容器 11 内に密封するようにして、すなわち非線形光学結晶を封止したセルにして  
5 使用してもよく、上記実施例 1 と同様の効果がある。ただし、この場合には、気体 16 が流通することによる効果は得られない。

#### 実施例 2.

第 3 図および第 4 図は、この発明を実施するための実施例 2 による波長変換方法および波長変換装置を説明するための図であり、より具体的  
10 には、第 3 図は波長変換装置の縦断面図であり、第 4 図は波長変換装置の横断面図である。

第 3 図および第 4 図において、2、3 a、3 b、4 a、4 b、11、12 a、12 b、13 a、13 b、14 a、14 b、15 a、15 b、16 は上記実施例 1 に示したものと同一のものであり、同一の作用をす  
15 る。17 c、17 d は非線形光学結晶 2 を加熱素子 18 上に固定するための固定治具である。18 は電熱ヒーターを備えた加熱素子である。19 は断熱材である。7 b は波長変換装置全体を示す。また、図示はされていないが、加熱素子 18 内には温度をモニタするための温度センサが設けられており、加熱素子 18 および温度センサは図示されていない電  
20 線を通じて波長変換装置 7 b 外部の温度コントローラに接続されている。

加熱素子 18 は、温度コントローラにより温度センサからの信号に応じて電熱ヒーターに流される電流を制御され、100℃を超える一定温度に制御されることにより、固定治具 17 c、17 d および非線形光学  
25 結晶 2 の温度を 100℃以上の一定温度に保つ。

レーザビームは入力側の光学窓 3 a から容器 11 内に入射し、非線形

光学結晶 2 によって波長変換された後、出力側の光学窓 3 b から出射する。

本実施例 2 においては、波長変換装置 7 b は上記のように構成されており、非線形光学結晶 2 は 100℃以上の一定温度に保たれている。その結果、気体 16 に微量の水分が含まれている場合でも非線形光学結晶 2 が水分を吸収することがないため、長期間安定に波長変換レーザービームを発生することができるという効果を奏する。

また、実施例 1 の場合と同様に、非線形光学結晶 2 の波長変換される光が入射する入射端面および波長変換された光が出射する出射端面は、成分に窒素元素を含まない、あるいは窒素元素が少ない気体 16 にさらされており、レーザービームの波長変換を行って、波長 400 nm 以下の紫外レーザービームの照射を受けても硝酸セシウムなどの硝酸化合物は生成することがなく、また、波長変換装置 7 a 内は真空にされていないので、容器から不純物が発生することがないため、長期間安定に高品質かつ高出力な波長変換レーザービームを発生することができるという効果を奏する。また、波長変換装置 7 b は真空容器にする必要がないので、波長変換装置を安価に提供することができるという効果も奏する。

また、仮に不純物が発生しても、流通する気体 16 と共に排出されるので、不純物が非線形光学結晶 2 や光学窓 3 a、3 b に付着するのを防ぐことができるという効果も奏する。

なお、容器 11 として円柱形のものを例として示したが、どのような形状でもよく、例えば立方体あるいは直方体などでもよい。

また、栓 14 a、14 b として例えば P T ネジ、O リングなどにより容器 11 に直接接合されるものを示したが、この他配管の途中に設けるものなどを用いることができる。

また、加熱素子 18 として電熱ヒーターを備えた例を示したが、これ

に限るものでなく、例えばペルチェ素子など加熱できる素子を備えていればよい。

さらに、上記実施例 2 では、栓 1 4 a、1 4 b を開けて窒素元素を含まない、あるいは窒素元素が少ない気体 1 6 を常時流す例について説明したが、容器 1 1 内を窒素元素を含まない、あるいは窒素元素が少ない気体 1 6 で満たした後、栓 1 4 a、1 4 b を閉めて気体 1 6 を容器 1 1 内に密封するようにして使用してもよく、上記実施例 2 と同様の効果がある。ただし、この場合には、気体 1 6 が流通することによる効果は得られない。

#### 10 実施例 3.

第 5 図は、この発明を実施するための実施例 3 による波長変換方法および波長変換装置を説明するための図であり、より具体的には、波長変換装置の縦断面図である。

第 5 図において、2、1 6、1 7 a、1 7 b は上記実施例 1 に示したものと同一のものであり、同一の作用をする。3 5 は容器本体、3 6 a、3 6 b は蓋、3 7 は容器である。3 8 a、3 8 b は蓋 3 6 a、3 6 b にあけられた光が通過する穴である。1 3 c は容器本体 3 5 にあけられた穴である。1 4 c は栓である。1 5 c は配管である。7 c は波長変換装置全体を示す。

20 容器本体 3 5 と蓋 3 6 a および 3 6 b とで容器 3 7 を構成し、蓋 3 6 a および蓋 3 6 b にはそれぞれ光が通過する穴 3 8 a および穴 3 8 b が開けられている。

配管 1 5 c から栓 1 4 c を通じて、容器本体 3 5 に設けられた穴 1 3 c から容器 3 7 内に窒素以外の気体が主成分である気体 1 6、例えば希ガス、酸素ガス、炭酸ガスなどを主体とした気体を流入させる。気体 1 6 は、容器 3 7 内の空気を置換して容器 3 7 内を気体 1 6 で満たすと

もに穴 38 a、38 b より排出される。

このように、容器 37 は必ずしも気密である必要はなく、非線形光学結晶 2 の雰囲気気体  
5 結晶 2 の雰囲気気体が窒素元素を含まない、あるいは窒素元素が少ない気体になればよい。また、少なくとも非線形光学結晶 2 の波長変換された光  
5 が出射する面に接する気体が窒素元素を含まない、あるいは窒素元素が少ない気体になればよく、上記実施例 1 と同様の効果が得られる。

なお、上記実施例 2 の場合と同様に、加熱素子 18 および断熱材 19 を備え、非線形光学結晶 2 を 100℃以上の一定温度に保つようにしてもよい。

10 なお、これまでの実施例 1～3 では、非線形光学結晶 2 の雰囲気気体が窒素元素を含まない、あるいは窒素元素が少ない気体になるようにしたが、  
、少なくとも空気よりも窒素元素の含有率が小さい気体であれば、雰囲気  
15 気体が空気である場合に比較して長期間安定に高出力な波長変換をすることが  
できる。ただし、窒素の体積含有率が 10%以下であることが好ま  
しく、さらには 1%以下であることがより好ましい。従って、非線形光  
20 学結晶 2 を配置した容器内に流しまたは封入する希ガス、酸素ガス、炭酸ガス等を主体とした気体は、純度の高い気体でなくてもよく、グレードの低い安価な気体を使用できる。希ガス、酸素ガス、炭酸ガス等を主体とした気体は、それらのガスの体積含有率が例えば 50%以上である  
25 ことが好ましく、90%以上、さらには 99%以上であることがより好ましい。

#### 実施例 4.

第 6 図は、この発明を実施するための実施例 4 による波長変換方法および波長変換装置を説明するための図であり、より具体的には、波長変換装置の縦断面図である。

第 6 図において、2、3 a、3 b、4 a、4 b、11、12 a、12



b、17 c、17 d、18、19は上記実施例1または2に示したものと同一のものであり、同一の作用をする。13 a、13 b、13 c、13 dは容器11に明けられた穴である。14 a、14 b、14 c、14 dは栓である。15 a、15 b、15 c、15 dは配管である。16 b  
5 は成分に窒素元素(N)を含まない、あるいは窒素元素が少ない気体である。16 aは気体16 bとは異なる成分からなる気体である。7 dは波長変換装置全体を示す。なお、第6図では明記していないが、容器11内において、非線形光学結晶2の波長変換される光が入射する入射端面に接する空間と、波長変換された光が出射する出射端面に接する空間と  
10 は、例えば隔壁などによって分離されている。

非線形光学結晶2は、波長変換により波長400nm以下の紫外レーザービームを発生するための位相整合角度に両端面を切断、研磨され、固定治具17 c、17 dにより容器11上に固定される。ここでは、非線形光学結晶2はCLBO結晶からなり、波長532nmのレーザービーム  
15 を波長266nmの紫外レーザービームに変換するための位相整合角度に両端面が切断、研磨されている。

レーザービームは、入力側の光学窓3 aから容器11内に入射し、非線形光学結晶2によって波長変換された後、出力側の光学窓3 bから出射する。

20 気体16 aは、配管15 bから栓14 bおよび穴13 bを通過して容器11内における非線形光学結晶2の入射端面に接する空間に入り、非線形光学結晶2の入射端面に接する雰囲気気を気体16 aの雰囲気気とし、穴13 a、栓14 a、配管15 aを通過して容器11外に排出される。また、気体16 bは、配管15 cから栓14 c、穴13 cを通過して容器11  
25 内における非線形光学結晶2の出射端面に接する空間に入り、非線形光学結晶2の出射端面に接する雰囲気気を気体16 bの雰囲気気とし、穴13

d、栓 1 4 d、配管 1 5 d を通って容器 1 1 外に排出される。

本実施例 4 においては、波長変換装置 7 d は上記のように構成されており、非線形光学結晶 2 の出射端面は、成分に窒素元素を含まない、あるいは窒素元素が少ない気体 1 6 b にさらされていることから、レーザー  
5 ビームの波長変換を行って、非線形光学結晶 2 の出射端面に波長 4 0 0  
nm 以下の紫外レーザービームの照射を受けても、硝酸セシウムなどの硝酸化合物は生成することがなく、硝酸化合物により波長変換レーザービームに歪みが生じたり、出力が低下したりすることはないため、高品質かつ高出力な波長変換レーザービームを長期間安定に発生することができる  
10 という効果を奏する。

また、非線形光学結晶 2 の入射端面に接する雰囲気と出射端面に接する雰囲気とを異なる成分の気体 1 6 a と気体 1 6 b としたので、波長変換される光すなわち波長変換の基本波となる入射レーザービームによって起こる非線形光学結晶 2 と雰囲気との相互作用、および、波長変換され  
15 た光すなわち波長変換レーザービームによって起こる非線形光学結晶 2 と雰囲気との相互作用をそれぞれ個別に効率良く防止することができるという効果を奏する。さらに、波長変換装置 7 d は真空容器にする必要がないので、容器から不純物が発生することがなく、しかも波長変換装置をより安価に提供することができるという効果も奏する。

20 また、気体 1 6 a は、容器 1 1 内の非線形光学結晶 2 の波長変換される光が入射する入射端面に接する空間に流入された後、この空間から流出するように流されており、流通しているので、仮に不純物が発生しても、流通する気体 1 6 a と共に排出される。また、気体 1 6 b は容器 1 1 内の非線形光学結晶 2 の波長変換される光が出射する出射端面に接する空間に流入された後、この空間から流出するように流されており、流  
25 通しているので、仮に不純物が発生しても、流通する気体 1 6 b と共に

排出される。したがって、不純物が非線形光学結晶 2 や光学窓 3 a、3 b に付着するのを防ぐことができるという効果を奏する。

また、実施例 2 の場合と同様に、加熱素子 1 8 および断熱材 1 9 を備えており、非線形光学結晶 2 を 1 0 0 °C 以上の一定温度に保つことにより、気体 1 6 a、1 6 b に微量の水分が含まれている場合でも水分を吸収することがないため、長期間安定に波長変換レーザービームを発生することができるという効果を奏する。しかしながら、加熱素子 1 8 および断熱材 1 9 は必ずしも備えなくてもよい。

なお、本実施例 4 で用いられる窒素元素を含まない、あるいは窒素元素が少ない気体としては、少なくとも空気よりも窒素元素の含有率が小さい気体であれば、雰囲気が空気であるものに比較して長期間安定に高出力な波長変換をすることができるものが得られる。ただし、窒素の体積含有率が 1 0 % 以下であることが好ましく、さらには 1 % 以下であることがより好ましい。

本発明者らは、CLBO 結晶を用いた波長変換特性の劣化原因を調べるため、さらなる試験を行った。例えば、実施例 2 で示した波長変換装置 7 b を用い、非線形光学結晶 2 として CLBO 結晶を用い、波長 5 3 2 nm のレーザービームを CLBO 結晶に入射させ、波長 2 6 6 nm の紫外レーザービームに変換する際、気体 1 6 として酸素ガス（体積含有率：9 9 . 7 %）を用い、CLBO 結晶を酸素（O<sub>2</sub>）雰囲気中に配置して 1 0 0 時間連続紫外レーザービーム発生試験を行った場合には、CLBO 結晶の波長 5 3 2 nm のレーザービーム入射端面には試験開始前と変化がなかったが、CLBO 結晶の波長 2 6 6 nm 紫外レーザービーム出射端面のレーザービーム通過部分に変色が見られた場合があったが、この出射端面のレーザービーム通過部分以外には変化がなく、出力は 2 0 W を保持することができた。また、気体 1 6 としてアルゴンガス（体積含有率：9 9

・ 9 %) を用い、CLBO 結晶をアルゴンガス (Ar) 雰囲気中に配置して紫外レーザービーム発生試験を行った場合には、CLBO 結晶の波長 532 nm のレーザービーム入射端面のレーザービーム通過部分に変色が見られたが、CLBO 結晶の波長 266 nm 紫外レーザービーム出射端面は試験開始前と変化がない場合があった。

したがって、非線形光学結晶 2 として CLBO 結晶を用いる場合、CLBO 結晶の波長 266 nm 紫外レーザービーム出射端面に接する雰囲気、空気よりも窒素元素の含有率が小さい気体でかつ酸素以外の気体、例えばアルゴンガス (Ar) を主体とする気体の雰囲気とし、波長 532 nm のレーザービーム入射端面に接する雰囲気を、アルゴンガス以外の気体、例えば、酸素ガス ( $O_2$ ) を主体とする気体や空気などの雰囲気とすることにより、非線形光学結晶 2 と雰囲気との相互作用をより確実に防止できるので、高品質かつ高出力な波長変換レーザービームをより長期間より安定に発生することができる。

15      なお、非線形光学結晶 2 としては、セシウム・リチウム・ボレート（  
化学式： $\text{CsLiB}_6\text{O}_{10}$ 、略称：CLBO）結晶、セシウム・ボレート  
（化学式： $\text{CsB}_3\text{O}_5$ 、略称：CBO）結晶などのセシウムを含む結晶が  
適しているが、リチウム・ボレート（化学式： $\text{LiB}_3\text{O}_5$ 、略称：LBO）結晶、ベータ・バリウム・ボレート（化学式： $\beta\text{-BaB}_2\text{O}_4$ 、略称  
20      : BBO）、ガドリニウム・イットリウム・カルシウム・オキシボレー  
ト（化学式： $\text{Gd}_x\text{Y}_{1-x}\text{Ca}_4(\text{BO}_3)_3$ 、略称：GdYCOB）結晶など  
のセシウムを含まない結晶であってもセシウム以外の元素が窒素と反応  
して窒素化合物を形成する可能性があるので、使用可能である。

また、上記実施例 4 では、栓 14 a、14 b、14 c、14 d を開けて気体 16 a、16 b を常時流す例について説明したが、容器 11 内における非線形光学結晶 2 の入射端面に接する空間および出射端面に接す

る空間をそれぞれ気体 1 6 a および気体 1 6 b で満たした後、栓 1 4 a、1 4 b、1 4 c、1 4 d を閉めて気体 1 6 a および気体 1 6 b を容器 1 1 内のそれぞれの空間に密封するようにして、すなわち非線形光学結晶 2 を封止したセルにして使用してもよく、上記実施例 4 と同様の効果  
5 がある。ただし、この場合には、気体 1 6 a、1 6 b が流通することによる効果は得られない。

#### 実施例 5.

第 7 図は、この発明を実施するための実施例 5 による波長変換方法および波長変換装置を説明するための図であり、より具体的には、波長変  
10 換装置の縦断面図である。

第 7 図において、2、3 a、3 b、4 a、4 b、1 2 a、1 2 b、1 3 a、1 3 b、1 4 a、1 4 b、1 5 a、1 5 b、1 6、1 7 c、1 7 d、1 8、1 9 は上記実施例 1、2 に示したものと同一のものであり、同一の作用をする。4 c は O リングである。1 1 a は容器である。1 1  
15 b は容器 1 1 a の蓋である。4 5 は断熱材 1 9 を固定するための固定治具である。4 6 は非線形光学結晶 2 の入射光に対する角度を調整する手段に相当する角度調整器である。4 7 は非線形光学結晶 2 における入射光の通過位置を調整する手段に相当する位置調整器である。7 e は波長変換装置全体を示す。

20 容器 1 1 a に、光学窓 3 a、3 b、O リング 4 a、4 b、および栓 1 4 a、1 4 b をつけ、蓋 1 1 b を開けた状態で、光学窓 3 a、3 b を通して非線形光学結晶 2 にレーザビームを通しながら、角度調整器 4 6 により非線形光学結晶 2 のレーザビームに対する角度を調整し、位置調整器 4 7 により非線形光学結晶 2 のレーザビーム通過位置を調整すること  
25 により、非線形光学結晶 2 により発生する波長変換レーザビームの出力が所望の出力となるように調整した後、蓋 1 1 b を閉めることにより、

容器 11a を気密に保つ。その後、成分に窒素元素（N）を含まない、あるいは窒素元素が少ない気体 16 を流すことにより、容器 11a 内は成分に窒素元素（N）を含まない、あるいは窒素元素が少ない気体 16 により満たされる。

5 本実施例 5 においては、波長変換装置 7 e は上記のように構成されて  
おり、角度調整器 4 6 および位置調整器 4 7 を備えたので、例えば、実  
10 施例 4 で述べたように、気体 1 6 として酸素ガスやアルゴンガスを主体  
とする気体を用いて長時間、高出力で動作させた場合に、非線形光学結  
晶 2 である CLBO 結晶のレーザビーム出射端面や入射端面のレーザビ  
ーム通過部分に変色が生じることがあるが、このような場合に、位置調  
15 整器 4 7 により非線形光学結晶 2 のレーザビーム通過部を変色の無いと  
ころにずらし、角度調整器 4 6 により非線形光学結晶 2 の角度を調整す  
ることにより、波長変換レーザビームの出力を非線形光学結晶 2 のレー  
ザビーム通過部が劣化する前の出力に戻すことができ、実質的に非線形  
光学結晶 2 の寿命を延ばすことができるという効果を奏する。

また、実施例 1 の場合と同様に、非線形光学結晶 2 は成分に窒素元素を含まない、あるいは窒素元素が少ない気体 16 にさらされているため、レーザビームの波長変換を行って、波長 400 nm 以下の紫外レーザビームの照射を受けても硝酸セシウムなどの硝酸化合物は生成することがなく、また、波長変換装置 7 e 内は真空にされていないので、容器から不純物が発生することがなく、長期間安定に高品質かつ高出力な波長変換レーザビームを発生することができるという効果を奏する。

さらに、実施例 2 の場合と同様に、加熱素子 18 および断熱材 19 を備えており、非線形光学結晶 2 を 100℃以上の一定温度に保つことに  
25 より、気体 16 に微量の水分が含まれている場合でも非線形光学結晶 2 が水分を吸収することがないため、長期間安定に波長変換レーザビーム

を発生することができるという効果を奏する。

なお、上記実施例 5 では、実施例 2 で説明したのと同様の波長変換装置に角度調整器 4 6 および位置調整器 4 7 を備えた場合について示したが、これに限るものではなく、実施例 1、3 または 4 で説明したのと同様の波長変換装置に角度調整器 4 6 および位置調整器 4 7 を備えてもよく、この場合にも同様の効果が得られる。

実施例 6 .

第 8 図は、この発明を実施するための実施例 6 による波長変換方法および波長変換装置を説明するための図であり、より具体的には、波長変換装置の縦断面図である。

第 8 図において、2、3 a、3 b、4 a、4 b、1 1、1 2 a、1 2 b、1 3 a、1 3 b、1 4 a、1 4 b、1 5 a、1 5 b、1 6 a、1 6 b、1 7 c、1 7 d、1 8、1 9 は上記実施例 4 に示したものと同一のものであり、同一の作用をする。1 3 e、1 3 f は容器 1 1 にあけられた穴である。1 4 e、1 4 f は栓である。1 5 e、1 5 f は配管である。1 5 g は配管であり、窒素元素の含有率が空気よりも小さい気体を非線形光学結晶 2 の出射端面の近傍に供給する手段に相当する。配管 1 5 g は、気体 1 6 b を容器 1 1 内に入れる穴 1 3 e に連結され、非線形光学結晶 2 の出射端面付近に延在して配置されている。また、穴 1 3 f は、非線形光学結晶 2 を挟んで、配管 1 5 g と対向する位置に設けられている。7 f は波長変換装置全体を示す。なお、第 8 図では明記していないが、容器 1 1 内において、非線形光学結晶 2 の入射端面に接する空間と、出射端面に接する空間とは、例えば隔壁などによって分離されているのは、実施例 4 の場合と同様である。

非線形光学結晶 2 は、波長変換により波長 4 0 0 nm 以下の紫外レーザービームを発生するための位相整合角度に両端面を切断、研磨され、固

定治具 17 c、17 d により容器 11 上に固定される。ここでは、非線形光学結晶 2 は CLBO 結晶からなり、波長 532 nm のレーザービームを波長 266 nm の紫外レーザービームに変換するための位相整合角度に両端面が切断、研磨されている。

- 5      レーザビームは、入力側の光学窓 3 a から容器 11 内に入射し、非線形光学結晶 2 によって波長変換された後、出力側の光学窓 3 b から出射する。

- 10      気体 16 a は、配管 15 b から栓 14 b および穴 13 b を通って容器 11 内における非線形光学結晶 2 の入射端面に接する空間に入り、非線形光学結晶 2 の入射端面に接する雰囲気気を気体 16 a の雰囲気とし、穴 13 a、栓 14 a、配管 15 a を通って容器 11 外に排出される。

- 15      気体 16 b は、所定の流量（例えば流量 0.1 リットル/分）で、配管 15 e から栓 14 e、穴 13 e、配管 15 g を通って容器 11 内における非線形光学結晶 2 の出射端面付近に流入され、非線形光学結晶 2 の出射端面に接する雰囲気気を気体 16 b の雰囲気とし、穴 13 f、栓 14 f、配管 15 f を通って容器 11 外に排出される。気体 16 b の流量は、例えば、図には記載していないガスボンベから、図には記載していない流量調整バルブ、さらに、図には記載していない流量計を通して、配管 15 e につなぎ、流量調整バルブを調整することにより調整され、流  
20      量計により測定される。

本実施例 6 においては、波長変換装置 7 f は上記のように構成されており、実施の形態 4 で説明したのと同様の効果が得られるのに加えて、以下のような効果も得られる。

- 25      すなわち、気体 16 b を非線形光学結晶 2 の出射端面近傍に流入させるようにしたので、仮に容器 11 内の構成材などから不純物が発生しても、非線形光学結晶 2 の出射端面には流入したばかりの新鮮な気体 16



bが供給されるため、不純物が非線形光学結晶2の出射端面に付着することを防ぎ、さらには光学窓3bの非線形光学結晶2に近い部分に付着することも防ぎ、長期間安定に高品質かつ高出力な波長変換レーザービームを発生することができるという効果が高まる。また、非線形光学結晶2を挟んで、気体16bの容器11内への流入口である配管15gに対向する位置に、穴13fを設けたので、仮に容器11内の構成材などから不純物が発生しても、容器11内部から不純物を効率良く取り除くことができるため、不純物が非線形光学結晶2の出射端面や光学窓3bに付着することを防ぎ、長期間安定に高品質かつ高出力な波長変換レーザービームを発生することができるという効果がより高まる。

また、上記実施例6では、気体16bを流量0..1リットル/分で流す例について説明したが、流量を1リットル/分、さらには10リットル/分に増加させることにより、仮に容器11内の構成材などから不純物が発生しても、不純物が非線形光学結晶2の出射端面や光学窓3bの非線形光学結晶2に近い部分に付着することをより確実に防止でき、長期間安定に高品質かつ高出力な波長変換レーザービームを発生することができるという効果がさらに高まる。

また、上記実施例6では、非線形光学結晶2の出射端面側のみ気体16bを非線形光学結晶2の端面付近に流入させ、流入口15gと対向する穴13fから効率良く排出するように構成したが、非線形光学結晶2の入射端面側にも同様の構成を設けることにより、仮に容器11内の構成材などから不純物が発生しても、不純物が非線形光学結晶2の入射端面や光学窓3aの非線形光学結晶2に近い部分に付着することを防ぎ、より長期間安定に高品質かつ高出力な波長変換レーザービームを発生することができるという効果がさらに高まる。

なお、上記実施例6では、気体16を容器11内で非線形光学結晶2

の少なくとも出射端面の近傍に供給する手段として配管 15 g を用いた場合について示したが、これに限るものではなく、例えば、容器 11 の内壁を非線形光学結晶 2 の端面の近傍にまで届くよう構成し、配管 15 g を用いずに穴 13 b、13 e から直接非線形光学結晶 2 の端面近傍に  
5 気体 16 を供給してもよく、上記実施例 6 と同様の効果が得られる。

#### 実施例 7.

上記実施例 6 では、実施例 4 で説明したような、非線形光学結晶 2 の入射端面に接する雰囲気と、出射端面に接する雰囲気とを、異なる成分の気体 16 a と 16 b にして波長変換する波長変換方法および波長変換  
10 装置において、窒素元素の含有率が空気よりも小さい気体を、非線形光学結晶 2 の入射端面または出射端面の近傍に供給した後、排出する場合について説明したが、これに限るものではなく、例えば実施の形態 1 ~ 3 や実施の形態 5 で説明したような、非線形光学結晶 2 の入射端面に接する雰囲気と、出射端面に接する雰囲気とを、同じ成分の気体 16 にし  
15 て波長変換する波長変換方法および波長変換装置において、窒素元素の含有率が空気よりも小さい気体 16 を、非線形光学結晶の入射端面または出射端面の近傍に供給した後、排出するようにしてもよい。

第 9 図は、この発明を実施するための実施例 7 による波長変換方法および波長変換装置を説明するための図であり、より具体的には、波長変換装置の縦断面図である。  
20

第 9 図において、2、3 a、3 b、4 a、4 b、12 a、12 b、13 a、13 b、14 a、14 b、15 a、15 b、16、17 c、17 d、18、19 は上記実施例 1、2 に示したものと同一のものであり、同一の作用をする。また、15 g は、上記実施例 6 で説明したのと同様  
25 に配管であり、窒素元素の含有率が空気よりも小さい気体 16 を非線形光学結晶の出射端面の近傍に供給する手段に相当する。7 g は波長変換

装置全体を示す。

レーザビームは、入力側の光学窓 3 a から容器 1 1 内に入射し、非線形光学結晶 2 によって波長変換された後、出力側の光学窓 3 b から出射する。

- 5 気体 1 6 は、所定の流量（例えば流量 0. 1 リットル／分）で、配管 1 5 b から栓 1 4 b および穴 1 3 b さらに穴 1 3 b に連結された配管 1 5 g を通って容器 1 1 内における非線形光学結晶 2 の出射端面付近に流入され、非線形光学結晶 2 の出射端面に接する雰囲気気を気体 1 6 の雰囲気  
10 気とし、穴 1 3 a、栓 1 4 a、配管 1 5 a を通って容器 1 1 外に排出される。気体 1 6 の流量は、例えば、図には記載していないガスボンベから、図には記載していない流量調整バルブ、さらに、図には記載していない流量計を通して、配管 1 5 b につなぎ、流量調整バルブを調整することにより調整され、流量計により測定される。

- 本実施例 7 においては、波長変換装置 7 g は上記のように構成されて  
15 おり、実施の形態 2 で説明したのと同様の効果が得られるのに加えて、以下のような効果も得られる。

- すなわち、気体 1 6 を非線形光学結晶 2 の出射端面近傍に流入させるようにしたので、仮に容器 1 1 内の構成材などから不純物が発生しても、非線形光学結晶 2 の出射端面には流入したばかりの新鮮な気体 1 6 が  
20 供給されるため、不純物が非線形光学結晶 2 の出射端面に付着することを防ぎ、さらには光学窓 3 b の非線形光学結晶 2 に近い部分に付着することも防ぎ、長期間安定に高品質かつ高出力な波長変換レーザビームを発生することができるという効果が高まる。

- また、上記実施例 7 では、気体 1 6 b を流量 0. 1 リットル／分で流  
25 す例について説明したが、流量を 1 リットル／分、さらには 10 リットル／分に増加させることにより、仮に容器 1 1 内の構成材などから不純

物が発生しても、不純物が非線形光学結晶 2 の出射端面や光学窓 3 b の非線形光学結晶 2 に近い部分に付着することをより確実に防止でき、長期間安定に高品質かつ高出力な波長変換レーザービームを発生することができるという効果がさらに高まる。

- 5      また、上記実施例 7 では、非線形光学結晶 2 の出射端面の近傍に気体 1 6 を供給するように構成したが、非線形光学結晶 2 の出射端面および入射端面の両方に気体 1 6 を供給するように構成してもよい。

        なお、上記実施例 7 では、実施例 2 で説明したのと同様の波長変換装置に、気体 1 6 を容器 1 1 内で非線形光学結晶 2 の少なくとも出射端面  
10      の近傍に供給する手段（配管 1 5 g）を備えた場合について示したが、これに限るものではなく、実施例 1、3 または 4 で説明したのと同様の波長変換装置に、気体 1 6 を容器 1 1 内で非線形光学結晶 2 の少なくとも出射端面の近傍に供給する手段（配管 1 5 g）を備えてもよく、この場合にも同様の効果が得られる。

- 15      なお、上記実施例 7 では、気体 1 6 を容器 1 1 内で非線形光学結晶 2 の入射端面または出射端面の近傍に供給する手段として配管 1 5 g を用いた場合について示したが、これに限るものではなく、例えば、容器 1 1 の内壁を非線形光学結晶 2 の端面の近傍にまで届くよう構成し、配管 1 5 g を用いずに穴 1 3 b、1 3 e から直接非線形光学結晶 2 の端面近  
20      傍に気体 1 6 を供給してもよく、上記実施例 7 と同様の効果が得られる。

#### 実施例 8 .

- 第 1 0 図は、この発明を実施するための実施例 8 による波長変換レーザー装置を説明するための図であり、より具体的には、波長変換レーザー装置の縦断面図である。

        第 1 0 図において、2 は非線形光学結晶である。7 a は上記実施例 1

に示した波長変換装置である。20はネオジム・ヤグ(Nd:YAG)レーザーの第2高調波である波長532nmのレーザービームを発生するレーザー装置である。21はレーザー装置20から出射される波長532nmのレーザービームである。21aは波長532nmのレーザービーム21の一部が非線形光学結晶2により波長266nmに波長変換されたレーザービームである。22は波長266nmのレーザービームを透過し、波長532nmのレーザービームを反射するコーティングの施された波長選択鏡である。21bは波長266nmの紫外レーザービームである。23は基台である。24は基台23上に波長変換装置7aを固定するための固定台である。25は波長選択鏡22を基台23上に固定するための固定治具である。26は波長変換レーザー装置全体を示す。

非線形光学結晶2は、例えばセシウム・リチウム・ボレート(化学式:  $\text{CsLiB}_6\text{O}_{10}$ 、略称: CLBO)結晶、セシウム・ボレート(化学式:  $\text{CsB}_3\text{O}_5$ 、略称: CBO)結晶、リチウム・ボレート(化学式:  $\text{LiB}_3\text{O}_5$ 、略称: LBO)結晶、ベータ・バリウム・ボレート(化学式:  $\beta\text{-BaB}_2\text{O}_4$ 、略称: BBO)、ガドリニウム・イットリウム・カルシウム・オキシボレート(化学式:  $\text{Gd}_x\text{Y}_{1-x}\text{Ca}_4(\text{BO}_3)_3$ 、略称: GdYCOB)結晶などからなり、波長変換により波長400nm以下の紫外レーザービームを発生するための位相整合角度に両端面を切断、研磨されており、固定治具17a、17bにより容器11上に固定されている。ここでは、非線形光学結晶2はCLBO結晶からなり、波長532nmのレーザービームを波長266nmの紫外レーザービームに変換するためのタイプ1位相整合角度に両端面が切断、研磨されている。

レーザー装置20から出射された波長532nmのレーザービーム21は、波長変換装置7aに入射し、非線形光学結晶2によりその一部が波長266nmに波長変換され、レーザービーム21aとなる。レーザービーム

2 1 aは波長選択鏡 2 2 に波長 2 6 6 nm成分のみ透過され、波長 5 3 2 nm成分が反射されることにより、波長 2 6 6 nmの紫外レーザービーム 2 1 bとなる。

本実施例 8 においては、波長変換レーザー装置は上記のように構成されて  
5 ており、非線形光学結晶 2 は、成分に窒素元素を含まない、あるいは窒素元素が少ない気体にさらされている。その結果、波長変換により波長 4 0 0 nm以下の紫外レーザービームの照射を受けても硝酸セシウムなどの硝酸化合物は生成することがないため、長期間安定に高品質かつ高出力な波長変換レーザービームを発生することができるという効果を奏する  
10 。また、波長変換装置 7 aは真空容器にする必要がないので、容器から不純物が発生することがなく、しかも波長変換レーザー装置を安価に提供することができるという効果も奏する。

なお、上記実施例 8 では、実施例 1 に示した波長変換装置 7 aを用いる例について示したが、実施例 2 ～実施例 7 に示したいずれの波長変換  
15 装置 7 b～7 gを用いてもよく、上記実施例 8 と同様の効果を奏する。

また、上記実施例 8 では、ネオジム・ヤグ(Nd : YAG、化学式Nd : Y<sub>3</sub>Al<sub>5</sub>O<sub>12</sub>)レーザーの第 2 高調波である波長 5 3 2 nmのレーザービームを発生するレーザー装置 2 0 を光源として用いる例について説明したが、光源の波長はこれに限るものでなく、例えばイッテルビウム・ヤグ(Yb : YAG、化学式Yb : Y<sub>3</sub>Al<sub>5</sub>O<sub>12</sub>)、ネオジム・イルフ(Nd : YLF、化学式Nd : LiYF<sub>4</sub>)、ネオジム・ワイヴイオーフォー(Nd : YVO<sub>4</sub>)、チタン・サファイア(Ti : Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)の基本波、第  
20 2 高調波などでもよく、上記実施例 8 と同様の効果を奏する。

実施例 9 .

25 第 1 1 図は、この発明を実施するための実施例 9 によるレーザー加工機を説明するための図であり、より具体的にはレーザー加工機の縦断面図で

ある。

第11図において、26は実施例8に示した波長変換レーザ装置である。27はガルバノミラーである。28は波長変換レーザ装置26から出射された波長266nmの紫外レーザビーム21bに対する角度を可  
5 変にガルバノミラー27を固定するガルバノミラー固定治具である。29はf $\theta$ レンズである。30はf $\theta$ レンズ固定治具である。31はミラーレンズ固定治具である。32はプリント基板、グリーンシートなどの加工物であり、ここでは、ガラスエポキシプリント基板である。33は加工機基台である。34はガルバノミラー27、ガルバノミラー固定治  
10 具28、f $\theta$ レンズ29、f $\theta$ レンズ固定治具30、ミラーレンズ固定治具31、加工機基台33からなる加工機である。

ガルバノミラー27はガルバノミラー固定治具28によりミラーレンズ固定治具31に固定され、加工機基台33上に固定される。f $\theta$ レンズ29はf $\theta$ レンズ固定治具30によりミラーレンズ固定治具31に固  
15 定され、加工機基台33上に固定される。

波長変換レーザ装置26から発せられた波長変換レーザビーム21bはガルバノミラー27に入射し、ガルバノミラー27によりその進行方向を可変的に変更される。進行方向を変更された波長変換レーザビーム21bはf $\theta$ レンズ29に入射され、加工物32上に集光される。集光  
20 された波長変換レーザビーム21bは加工物32に穴をあける。

本実施例9においては、レーザ加工機は上記のように構成されており、波長変換レーザ装置26は長期間安定に波長変換レーザビーム21bを発生することができるため、長期間安定に精度良く均一な加工ができるという効果を奏し、品質の良いプリント基板の製造方法を提供する。  
25 また、波長変換装置7aは真空容器にする必要がないので、レーザ加工機を安価に提供することができるという効果も奏する。

なお、第11図では、ガルバノミラー27を設けて波長変換レーザービーム21bの進行方向を可変的に変更するものを示したが、基台33上にXYステージなどの加工物32を移動させる可動台を備えてもよく、また、ガルバノミラー27と可動台の両方を備えてもよい。

- 5     また、f $\theta$ レンズ29を設けるものを示したが、平凸レンズ、両凸レンズなどを設けてもよい。

なお、上記実施例9においては、ガラスエポキシプリント基板からなる加工物32に穴をあける加工の例について示したが、加工物32はその他の材質のプリント基板、グリーンシート、電子部品、金属、ガラス  
10    など加工対象となるものであればどのようなものであってもよく、また、加工についても切断、溶接、型彫り、マーキング、形成など、どのような加工であってもよく、上記実施例9と同様の効果を奏する。

例えば、加工物32を光ファイバとして、光ファイバに周期的屈折率変化を生じさせるファイバグレーティング作成加工を行う場合、波長変  
15    換レーザー装置26は長期間安定に歪みの無い高品質な波長変換レーザービーム21bを発生することができるため、長期間安定に精度良く均一な加工ができるという効果を奏し、品質の良いファイバグレーティングの製造方法を提供することができる。

## 20    産業上の利用可能性

本発明による波長変換方法および波長変換装置は、例えば波長変換レーザー装置に用いることができ、さらに、この波長変換レーザー装置を用いてレーザー加工機を構成することができる。このようなレーザー加工機は、  
25    長期間安定に精度良く均一な加工ができるので、例えば、プリント基板の製造やファイバグレーティングの製造など種々の加工において有利に使用することができる。



## 請 求 の 範 囲

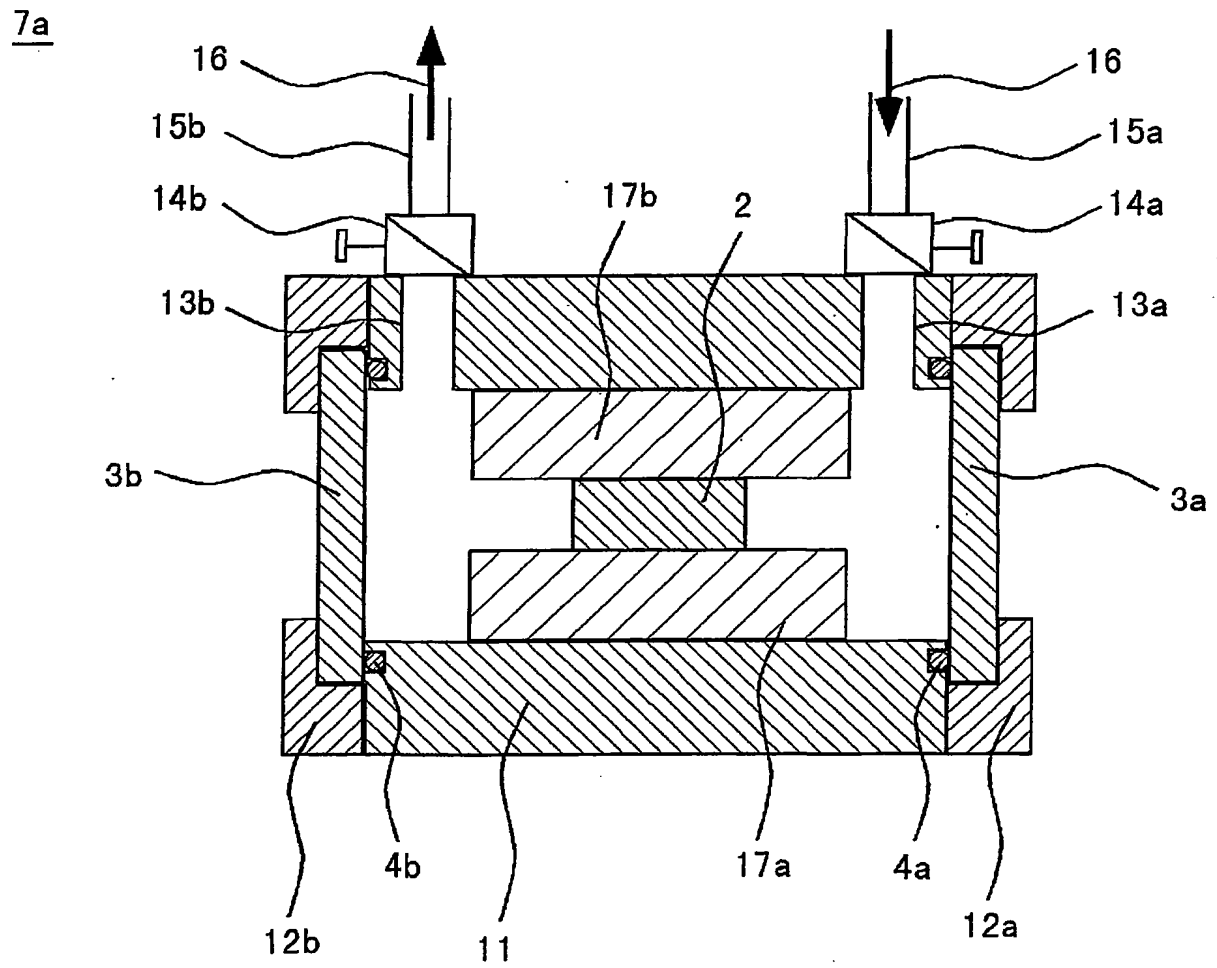
1. 光を非線形光学結晶に通して波長変換する波長変換方法において、  
前記非線形光学結晶の波長変換された光が出射する面に接する雰囲気と、  
5 窒素元素の含有率が空気よりも小さい気体にして波長変換することを  
特徴とする波長変換方法。
2. 非線形光学結晶の波長変換される光が入射する入射端面および波長  
変換された光が出射する出射端面を窒素元素の含有率が空気よりも小  
さい気体で覆って波長変換することを特徴とする請求の範囲第1項に記載  
10 の波長変換方法。
3. 非線形光学結晶の波長変換される光が入射する入射端面に接する雰  
囲気と、波長変換された光が出射する出射端面に接する雰囲気とを、異  
なる成分の気体にして波長変換することを特徴とする請求の範囲第1項  
に記載の波長変換方法。
- 15 4. 窒素元素の含有率が空気よりも小さい気体を流通させることを特徴  
とする請求の範囲第1項に記載の波長変換方法。
5. 窒素元素の含有率が空気よりも小さい気体を、非線形光学結晶の少  
なくとも出射端面の近傍に供給した後、排出することを特徴とする請求  
の範囲第4項に記載の波長変換方法。
- 20 6. 窒素元素の含有率が空気よりも小さい気体は、窒素元素を含むガス  
の体積含有率が10%以下の気体であることを特徴とする請求の範囲第  
1項に記載の波長変換方法。
7. 非線形光学結晶が、セシウムを含む結晶であることを特徴とする請  
求の範囲第1項に記載の波長変換方法。
- 25 8. 気体が、希ガス、酸素ガス、または炭酸ガスのいずれかを主体とす  
る気体であることを特徴とする請求の範囲第1項に記載の波長変換方法。

- 。
9. 非線形光学結晶の波長変換された光が出射する面に接する雰囲気となる、窒素元素の含有率が空気よりも小さい気体が、アルゴンガスを主体とする気体であることを特徴とする請求の範囲第3項に記載の波長変換方法。
10. 光を非線形光学結晶に通して波長変換する波長変換装置において、前記非線形光学結晶の波長変換された光が出射する面に接する雰囲気を、窒素元素の含有率が空気よりも小さい気体とする手段を備えたことを特徴とする波長変換装置。
11. 平均パワー5W以上の波長変換された光を出射することを特徴とする請求の範囲第10項に記載の波長変換装置。
12. 非線形光学結晶の波長変換される光が入射する入射端面および波長変換された光が出射する出射端面を窒素元素の含有率が空気よりも小さい気体で覆う手段を備えたことを特徴とする請求の範囲第10項に記載の波長変換装置。
13. 非線形光学結晶の波長変換される光が入射する入射端面に接する雰囲気と、波長変換された光が出射する出射端面に接する雰囲気とを、異なる成分の気体とする手段を備えたことを特徴とする請求の範囲第10項に記載の波長変換装置。
14. 窒素元素の含有率が空気よりも小さい気体を流通させる手段を備えたことを特徴とする請求の範囲第10項に記載の波長変換装置。
15. 一部に入射光および出射光を通過させる窓または開口を設けた容器内に非線形光学結晶を配置し、窒素元素の含有率が空気よりも小さい気体を前記容器内で非線形光学結晶の少なくとも出射端面の近傍に供給する手段と、前記供給された気体を前記容器から排出する手段とを備えたことを特徴とする請求の範囲第14項に記載の波長変換装置。

16. 窒素元素の含有率が空気よりも小さい気体は、窒素元素を含むガスの体積含有率が10%以下の気体であることを特徴とする請求の範囲第10項に記載の波長変換装置。
17. 非線形光学結晶が、セシウムを含む結晶であることを特徴とする
- 5 請求の範囲第10項に記載の波長変換装置。
18. 窒素元素の含有率が空気よりも小さい気体が、希ガス、酸素ガス、または炭酸ガスのいずれかを主体とする気体であることを特徴とする請求の範囲第10項に記載の波長変換装置。
19. 非線形光学結晶の光が出射する面に接する雰囲気となる、窒素元
- 10 素の含有率が空気よりも小さい気体が、アルゴンガスを主体とする気体であることを特徴とする請求の範囲第13項に記載の波長変換装置。
20. 加工機を備え、加工光源として、波長変換の光源となるレーザ装置と、非線形光学結晶の波長変換された光が出射する面に接する雰囲気を、窒素元素の含有率が空気よりも小さい気体とする手段を備え、前記
- 15 レーザ装置からのレーザ光を前記非線形光学結晶に通して波長変換する波長変換装置とを有する波長変換レーザ装置を備えたレーザ加工機。

1 / 1 2

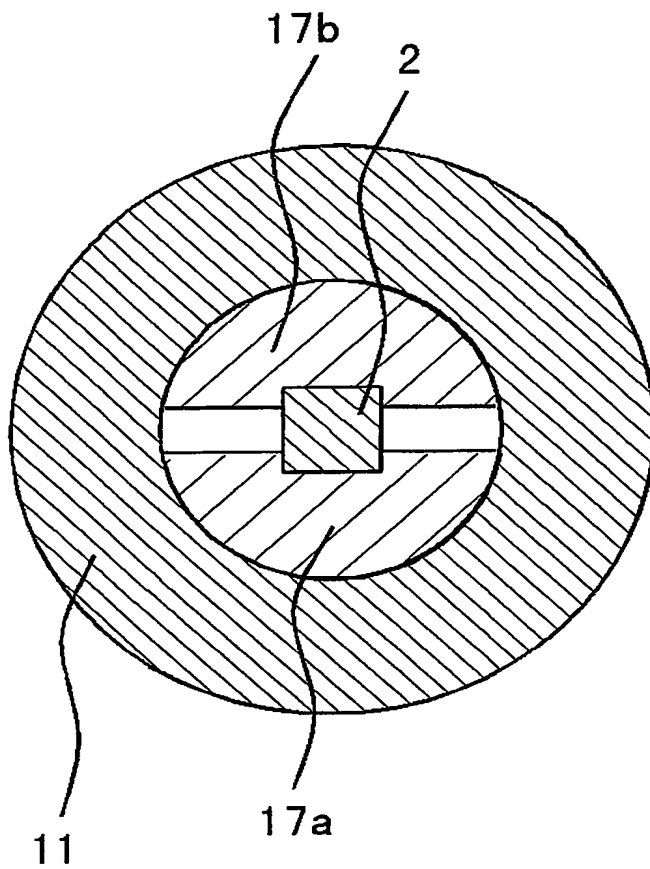
第 1 図



2 / 1 2

第 2 図

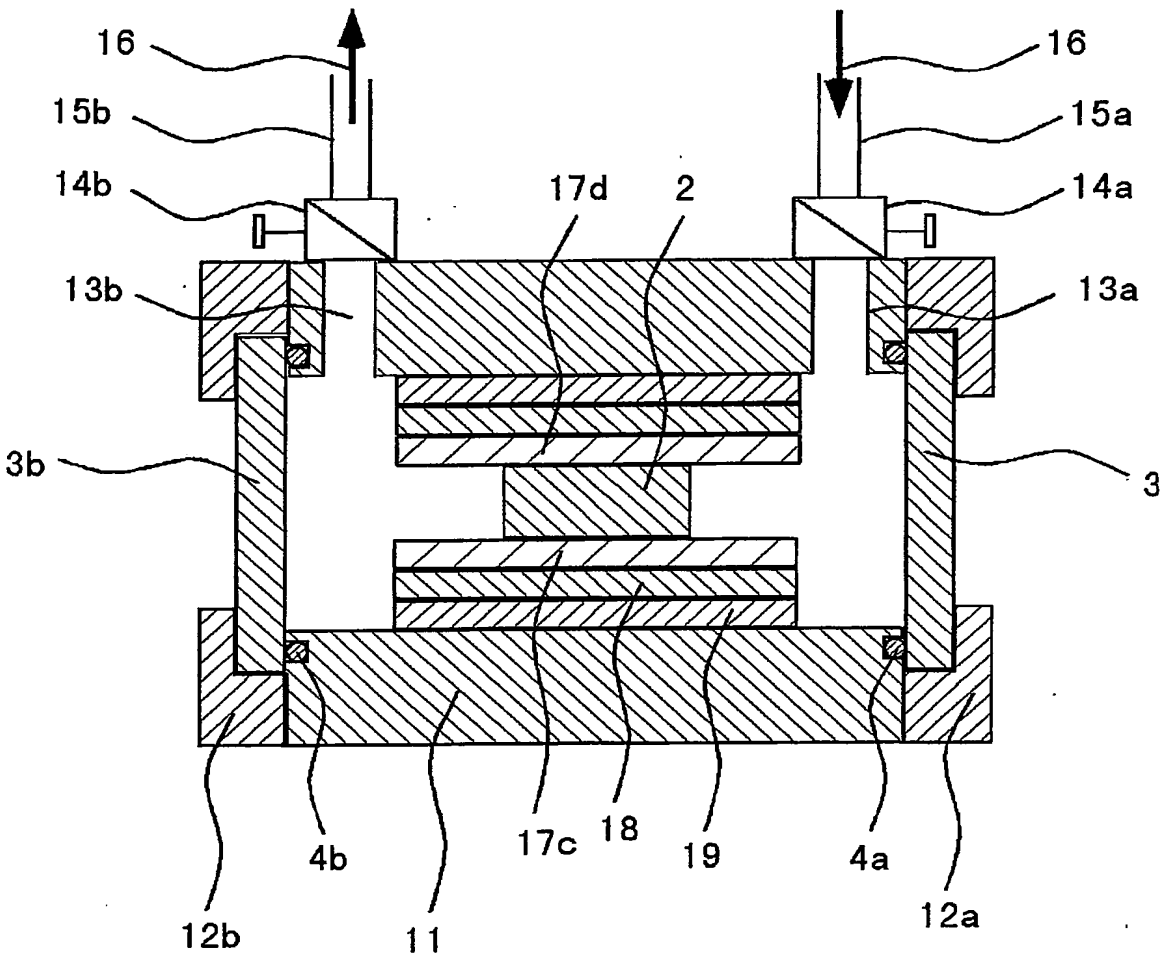
7a



3 / 1 2

第 3 図

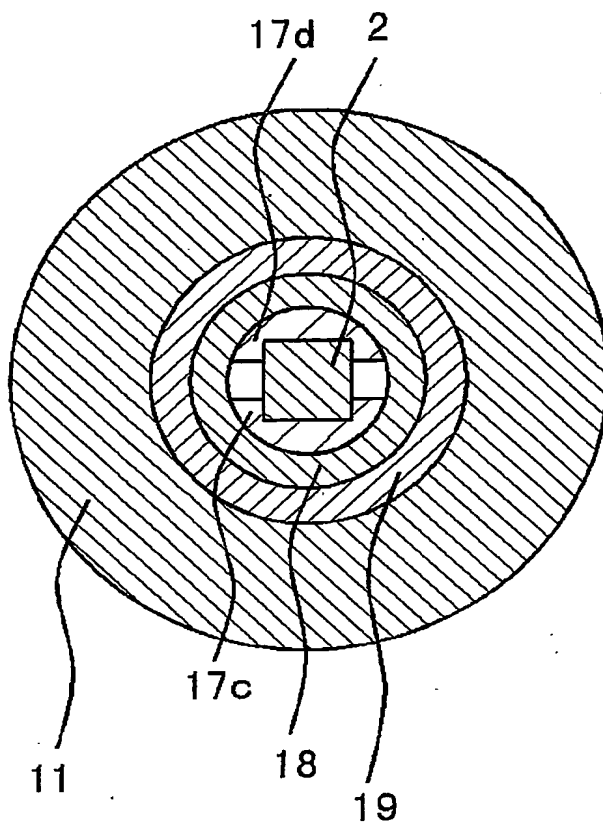
7b



4 / 1 2

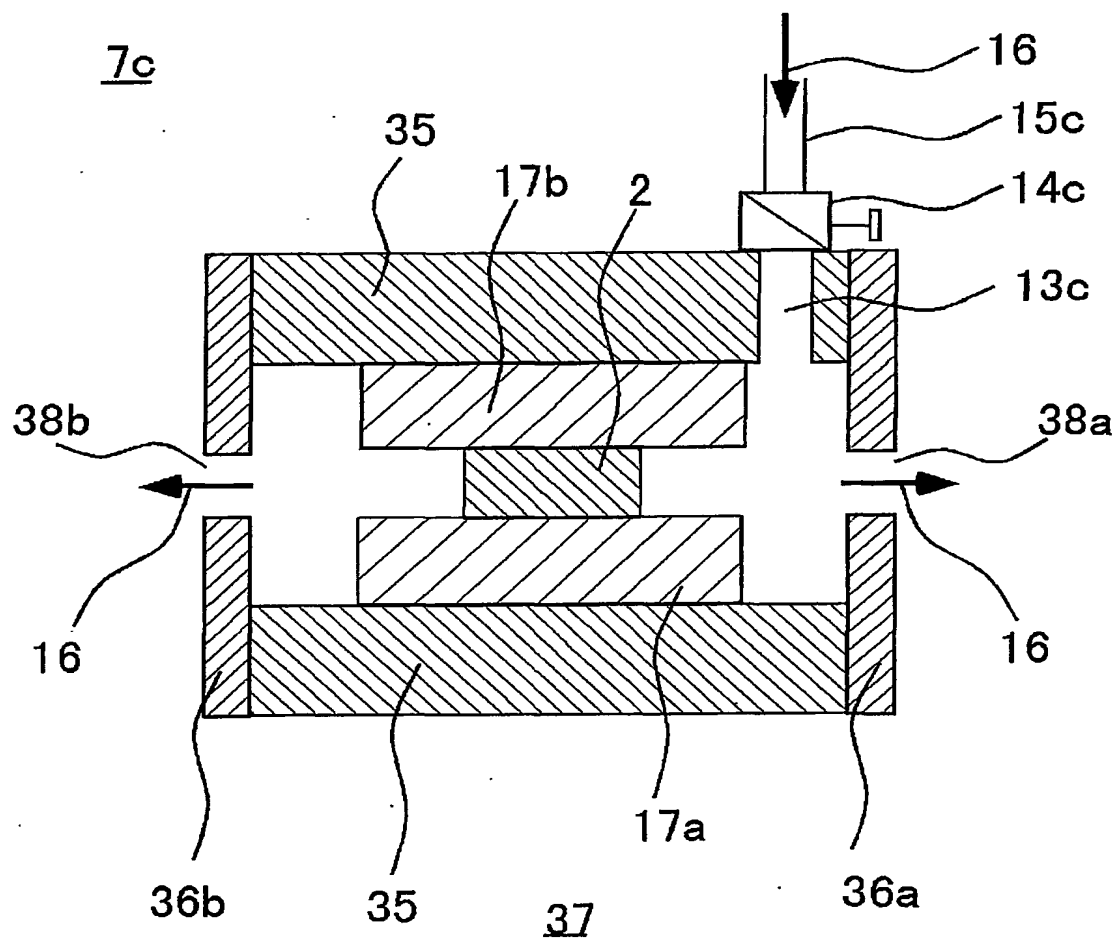
第 4 図

7b



5/12

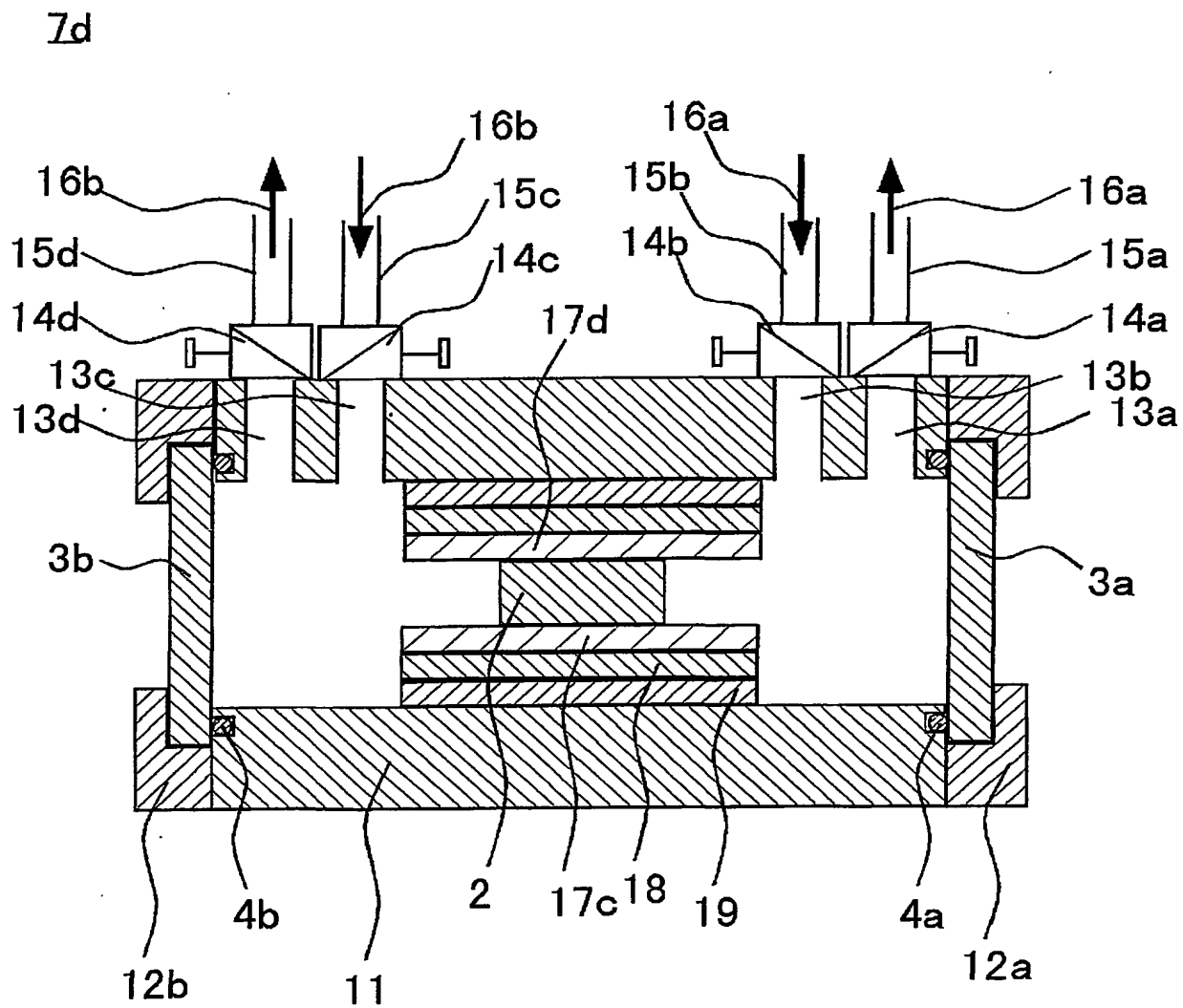
第 5 図





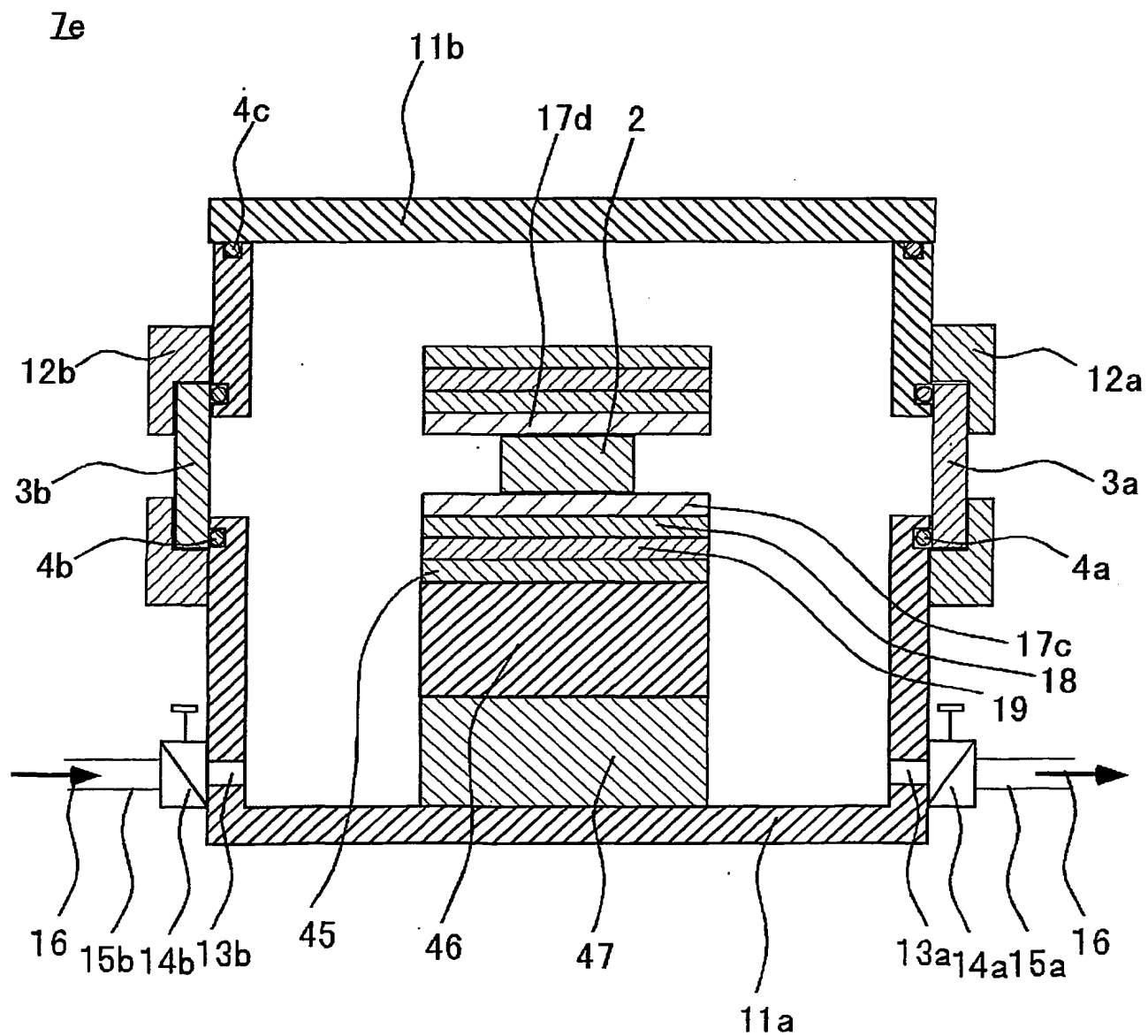
6 / 12

第 6 図



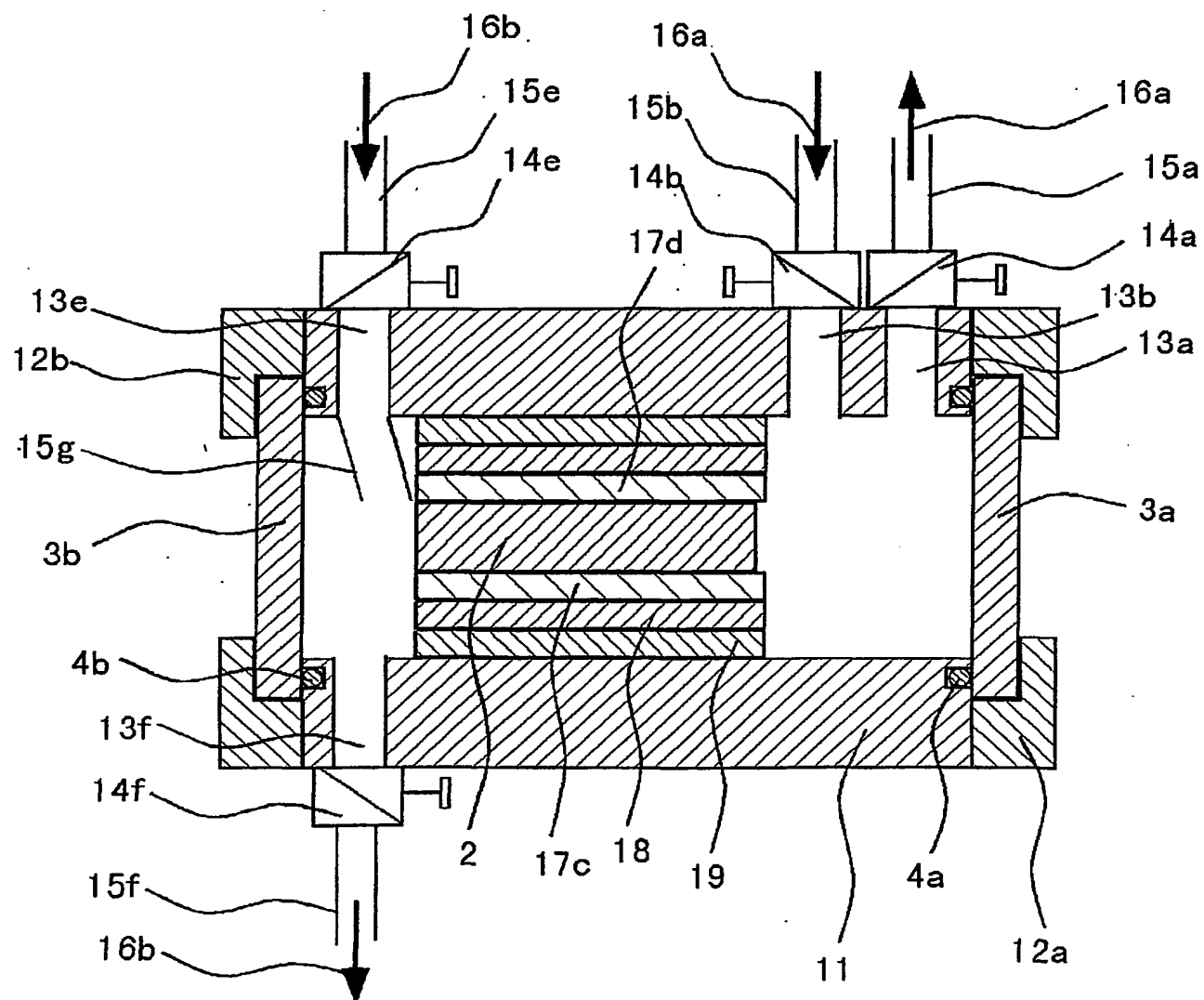
7 / 1 2

第 7 図



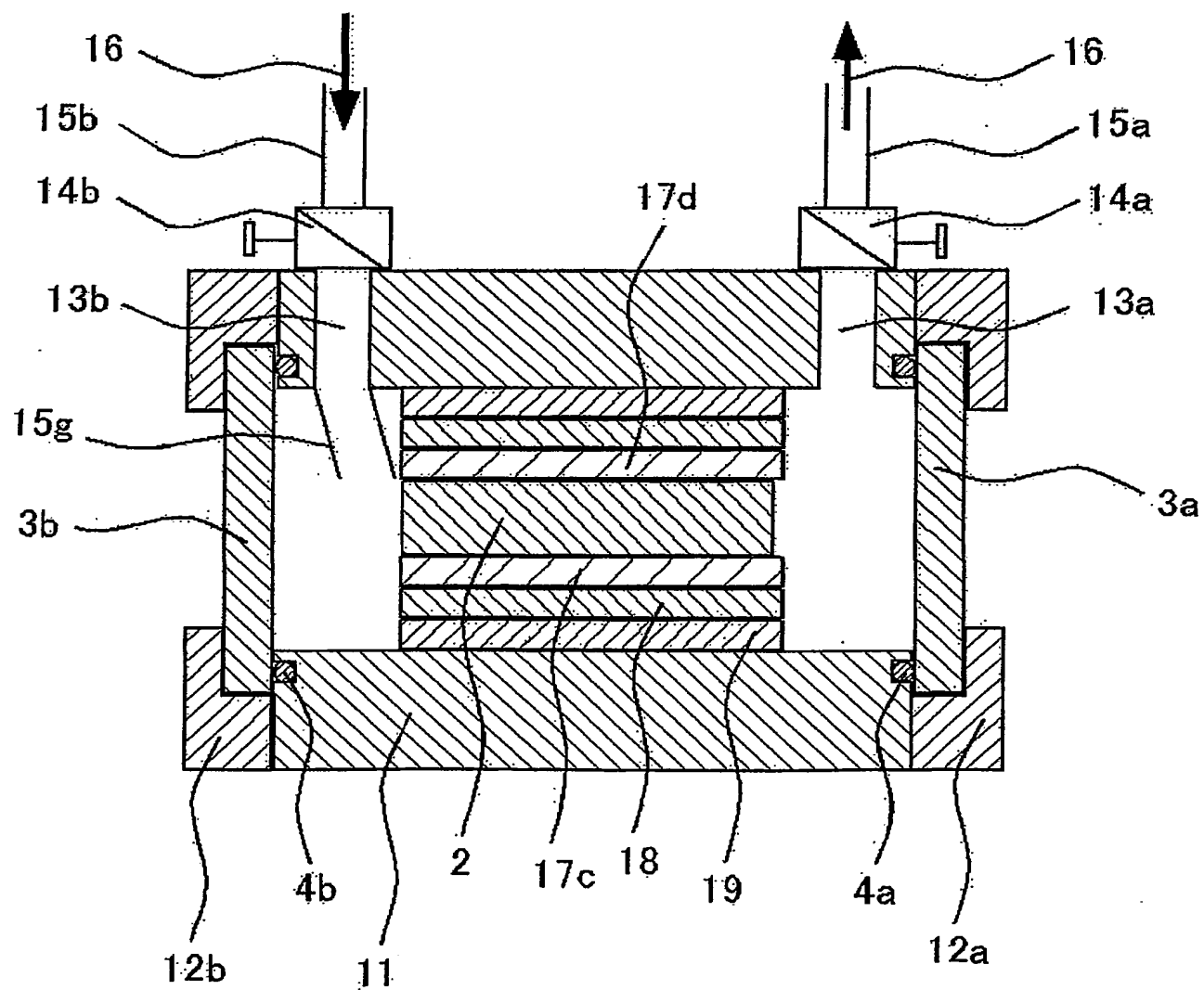
8/12

## 第 8 図

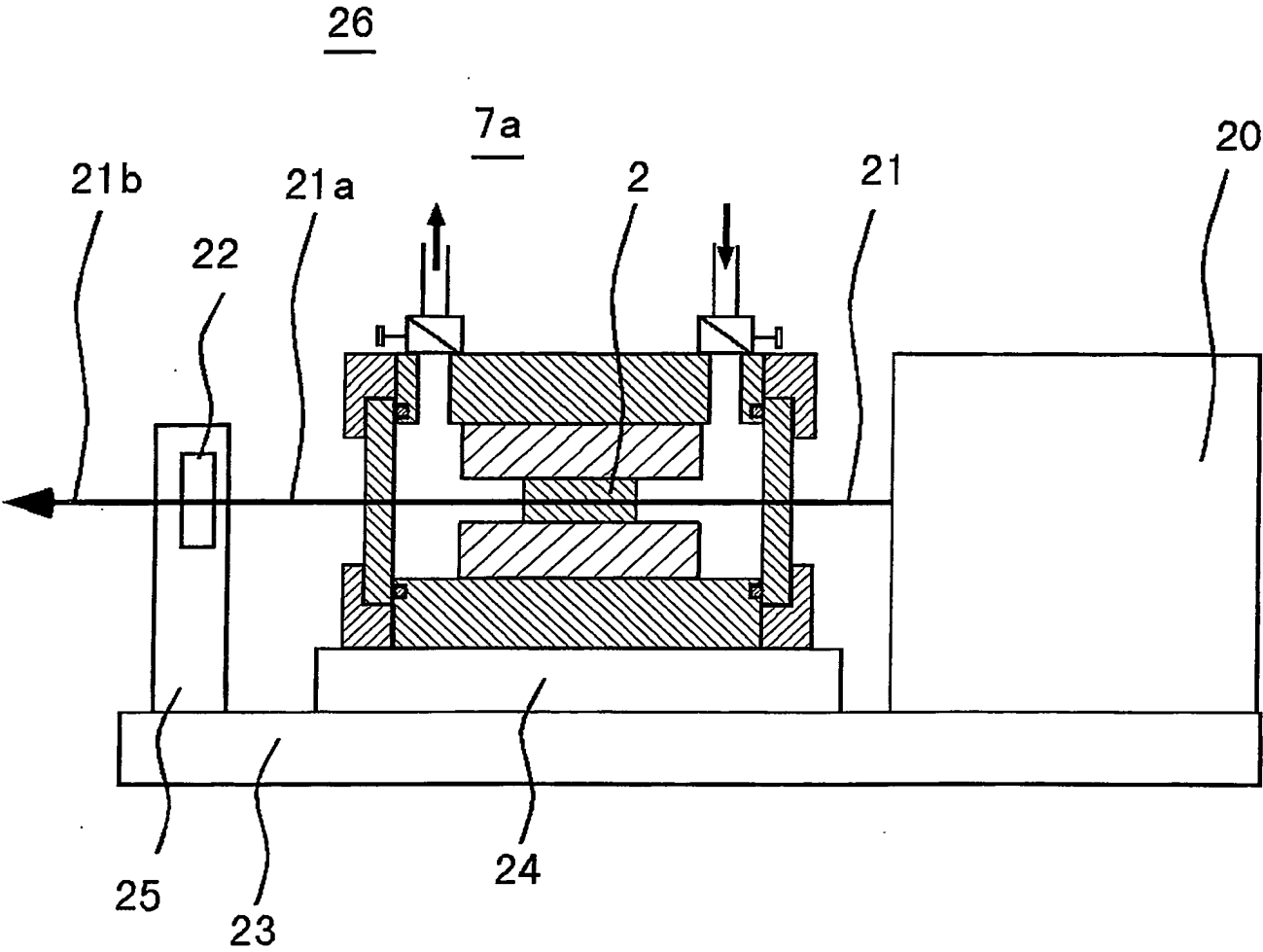
7f

9 / 12

第 9 図

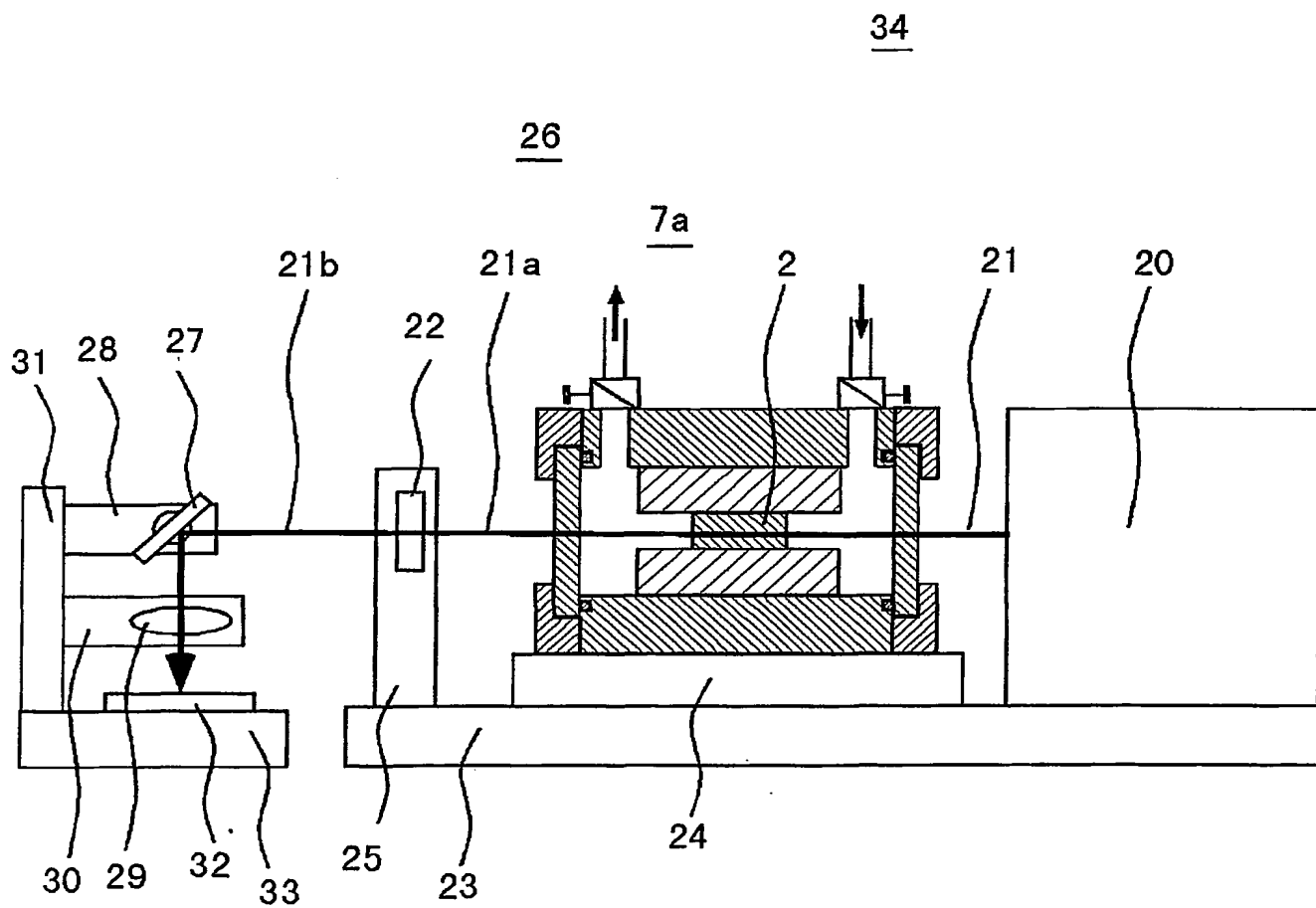
7g

第 10 図



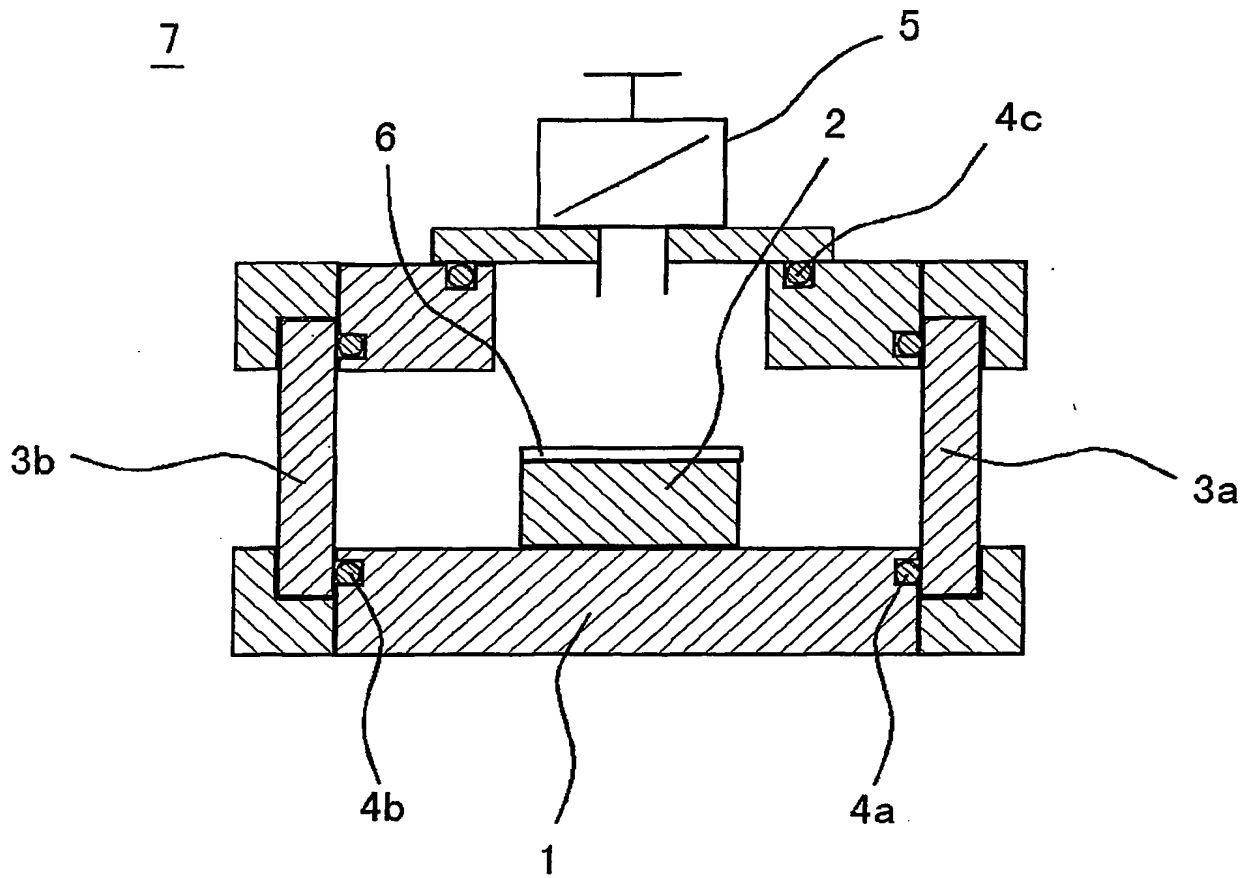
1 1 / 1 2

第 1 1 図



1 2 / 1 2

第 1 2 図



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

national application No.

PCT/JP01/10905

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> G02F1/37

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> G02F1/35-1/37

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2001
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2001	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2001

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

JICST FILE (JOIS)  
QUESTEL (WPI/L)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP, 11-288012, A (K.K. Ushio Sogo Gijutsu Kenkyusho), 19 October, 1999 (19.10.99),	1, 2, 4-8, 10
Y	Full text (Family: none)	12, 14-18 11, 20
Y	Y.K.YAP, et al., Alleviation of thermally induced phase mismatch in CsLiB <sub>6</sub> O <sub>10</sub> crystal by means of temperature-profile compensation, OPTICS LETTERS, Vol.23, No.13, 01 July, 1998 (01.07.98), Pages 1016 to 1018	11
Y	JP, 11-119272, A (Hyper Photon Systems, Inc.), 30 April, 1999 (30.04.99), Full text (Family: none)	20
PX	JP, 2001-51311, A (K.K. Ushio Sogo Gijutsu Kenkyusho), 23 February, 2001 (23.02.01), Par. Nos. [0005] to [0017]; Fig.1 (Family: none)	3, 9, 13, 19

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:  
 "A" document defining the general state of the art which is not  
 considered to be of particular relevance  
 "E" earlier document but published on or after the international filing  
 date  
 "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is  
 cited to establish the publication date of another citation or other  
 special reason (as specified)  
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other  
 means  
 "P" document published prior to the international filing date but later  
 than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or  
 priority date and not in conflict with the application but cited to  
 understand the principle or theory underlying the invention  
 "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be  
 considered novel or cannot be considered to involve an inventive  
 step when the document is taken alone  
 "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be  
 considered to involve an inventive step when the document is  
 combined with one or more other such documents, such  
 combination being obvious to a person skilled in the art  
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
12 March, 2002 (12.03.02)Date of mailing of the international search report  
26 March, 2002 (26.03.02)Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.



## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> G02F 1/37

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> G02F 1/35 - 1/37

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年  
 日本国公開実用新案公報 1971-2001年  
 日本国登録実用新案公報 1994-2001年  
 日本国実用新案登録公報 1996-2001年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

JICSTファイル (JOIS)  
 QUESTEL (WPI/L)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	J P 11-288012 A (株式会社ウシオ総合技術研究所) 1999. 10. 19, 全文 (ファミリーなし)	1, 2, 4-8, 10, 12, 14-18
Y		11, 20
Y	Y. K. YAP, et. al., Alleviation of thermally induced phase mismatch in CsLiB <sub>6</sub> O <sub>10</sub> crystal by means of temperature-profile compensation, OPTICS LETTERS, Vol. 23, NO. 13, 1998. 07. 01, pp. 1016-1018	11.

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献  
 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

12. 03. 02

国際調査報告の発送日

26.03.02

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)  
 郵便番号100-8915  
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

三橋 健二

2 X

9 4 1 2

電話番号 03-3581-1101 内線 3255

C (続き). 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 11-119272 A (株式会社ハイパー・フoton・システム) 1999.04.30, 全文 (ファミリーなし)	20
PX	JP 2001-51311 A (株式会社ウシオ総合技術研究所) 2001.02.23, 第5-17段落、図1 (ファミリーなし)	3, 9, 13, 19